

10/506311

10 Rec'd PCT

01 SEP 2004

PCT/JP03/13805

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

28.10.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

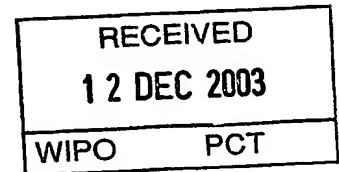
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年11月 7日

出願番号
Application Number: 特願2002-324229

[ST. 10/C]: [JP2002-324229]

出願人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

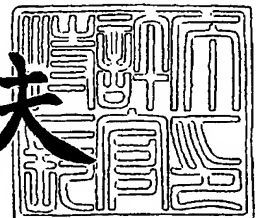


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月28日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3098413

【書類名】 特許願

【整理番号】 2033840172

【提出日】 平成14年11月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06T 7/00

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 近藤 堅司

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 吾妻 健夫

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 若森 正浩

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100077931

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

 【識別番号】 100094134

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】 100110939

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 宏

【選任した代理人】

【識別番号】 100110940

【弁理士】

【氏名又は名称】 嶋田 高久

【選任した代理人】

【識別番号】 100113262

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 祐二

【選任した代理人】

【識別番号】 100115059

【弁理士】

【氏名又は名称】 今江 克実

【選任した代理人】

【識別番号】 100115510

【弁理士】

【氏名又は名称】 手島 勝

【選任した代理人】

【識別番号】 100115691

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤田 篤史

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006010

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 個人認証方法、虹彩撮影装置、虹彩登録装置および虹彩認証装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 虹彩画像を用いた個人認証方法であって、
登録時において、
被登録者について、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影し、
撮影した前記複数の虹彩画像から、それぞれ、特徴データと、瞳孔開度指標とを抽出し、
抽出した複数の特徴データを、瞳孔開度指標と併せて、前記被登録者に対応づけて、虹彩データベースに登録し、
認証時において、
被認証者について、虹彩画像を撮影し、
撮影した虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを抽出し、
前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録された複数の特徴データの中から、当該特徴データと併せて登録されている瞳孔開度指標と認証時に抽出した瞳孔開度指標とを対比することによって、照合対象の特徴データを選択し、
選択した特徴データと、認証時に抽出した特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを、判断することを特徴とする個人認証方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、
前記瞳孔開度指標は、虹彩画像における瞳孔径と虹彩径との比であることを特徴とする個人認証方法。

【請求項 3】 請求項 1 において、
登録時において、前記被登録者について、縮瞳状態、通常状態および散瞳状態における虹彩画像からそれぞれ得られた 3 個の特徴データを、少なくとも登録することを特徴とする個人認証方法。

【請求項 4】 請求項 1 において、

登録時において、抽出した複数の特徴データ同士を照合することによって、前記複数の特徴データから、前記虹彩データベースに登録する特徴データを、選択する

ことを特徴とする個人認証方法。

【請求項 5】 虹彩画像を用いた個人認証方法であって、
登録時において、
被登録者について、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影し、
撮影した前記複数の虹彩画像から、それぞれ、特徴データと、瞳孔開度指標とを抽出し、

抽出した複数の特徴データおよび瞳孔開度指標から、特徴データと瞳孔開度指標との関係式を求め、

この関係式を表すためのパラメータを、前記被登録者と対応づけて、虹彩データベースに登録し、

認証時において、
被認証者について、虹彩画像を撮影し、
撮影した虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを抽出し、
前記虹彩データベースに登録者と対応づけて登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に、認証時に抽出した瞳孔開度指標を代入して、照合対象の特徴データを得て、

得た特徴データと、認証時に抽出した特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを、判断することを特徴とする個人認証方法。

【請求項 6】 請求項 5 において、
前記瞳孔開度指標は、虹彩画像における瞳孔径と虹彩径との比であることを特徴とする個人認証方法。

【請求項 7】 請求項 5 において、
登録時において、前記パラメータを、間引いて登録し、
認証時において、間引かれたパラメータを、補間によって復元することを特徴とする個人認証方法。

【請求項 8】 虹彩画像を用いて個人認証を行う方法であって、
各登録者について、虹彩画像の特徴データが複数個、瞳孔開度指標と併せて登録された虹彩データベースを用い、

被認証者について、虹彩画像を取得し、

取得した虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを抽出し、

前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録された複数の特徴データの中から、当該特徴データと併せて登録されている瞳孔開度指標と認証時に抽出した瞳孔開度指標とを対比することによって、照合対象の特徴データを選択し、

選択した特徴データと、認証時に抽出した特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを、判断することを特徴とする個人認証方法。

【請求項 9】 虹彩画像を用いて個人認証を行う方法であって、

各登録者について、虹彩画像の特徴データと瞳孔開度指標との関係式を表すパラメータが登録された虹彩データベースを用い、

被認証者について、虹彩画像を取得し、

取得した虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを抽出し、

前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に、認証時に抽出した瞳孔開度指標を代入することによって、照合対象の特徴データを得て、

得た特徴データと、認証時に抽出した特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを、判断することを特徴とする個人認証方法。

【請求項 10】 個人認証のための虹彩画像を撮影する装置であって、

被登録者の顔周囲に対し、可視光照明を行う照明と、

前記照明の発光強度を制御する照明制御部と、

前記被登録者の虹彩画像を撮影する撮影部とを備え、

前記照明制御部は、

前記撮影部が前記被登録者について複数の虹彩画像を連続して撮影する過程において、撮影開始時に点灯させていた照明を、所定のタイミングで、消灯する

ことを特徴とする虹彩撮影装置。

【請求項 1 1】 虹彩認証のための特徴データを登録する装置であって、
被登録者について、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、
取得した複数の虹彩画像から、それぞれ、特徴データと、瞳孔開度指標とを抽出し、

抽出した複数の特徴データを、瞳孔開度指標と併せて、前記被登録者と対応づけて、虹彩データベースに登録する
ことを特徴とする虹彩登録装置。

【請求項 1 2】 虹彩認証のための特徴データを登録する装置であって、
被登録者について、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、
取得した前記複数の虹彩画像から、それぞれ、特徴データと、瞳孔開度指標とを抽出し、

抽出した複数の特徴データおよび瞳孔開度指標から、特徴データと瞳孔開度指標との関係式を求め、

この関係式を表すためのパラメータを、前記被登録者と対応づけて、虹彩データベースに登録する

ことを特徴とする虹彩登録装置。

【請求項 1 3】 虹彩画像を用いて個人認証を行うための装置であって、
被認証者について、虹彩画像を取得し、
取得した虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを抽出する
ことを特徴とする虹彩認証装置。

【請求項 1 4】 虹彩画像を用いた個人認証方法であって、
登録時において、
被登録者について、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影し、
撮影した前記複数の虹彩画像から、極座標系を用いて、特徴データをそれぞれ抽出し、

抽出した複数の特徴データを、前記被登録者と対応づけて、虹彩データベースに登録し、

認証時において、

被認証者について、虹彩画像を撮影し、
撮影した虹彩画像から、極座標系を用いて、特徴データを抽出し、
抽出した特徴データと、前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録された複数の特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同
一であるか否かを判断する
ことを特徴とする個人認証方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、虹彩認識を利用した個人認証の技術に関するものであり、特に、例えば太陽光などの外光下や夜間など様々な状況において、虹彩認証の精度を向上させる技術に属する。

【0002】

【従来の技術】

近年、虹彩認識を用いた個人認証の技術が、重要施設への入退室管理、銀行等のATM (Automated Teller Machine)、PCログイン用途などに利用され始めている。

【0003】

特許文献1では、認証時に得られた虹彩画像情報と、記憶された虹彩画像情報とを比較して個人を識別する、という虹彩認識の基本方式が開示されている。この方式では、目を照明することによって瞳孔径を変化させ、その照明強度を制御して瞳孔を所定の径にした後、虹彩画像同士、または、虹彩画像から抽出された特徴量同士を比較する。瞳孔は、周囲の明るさや感情などによってその径が変化するが、瞳孔径が互いに異なると、虹彩画像同士または特徴量同士の比較が困難になる。このため、特許文献1では、照明によって瞳孔径を合わせた上で比較を行っていた。しかしながら、瞳孔径を所定の径に変化させるためにはある程度の時間を要し、このため、認証に時間がかかる、という問題があった。

【0004】

これに対して、特許文献2，3では、次のようにして上記の問題を解決してい

る。

【0005】

特許文献2では、虹彩領域を極座標系で表現することによって、瞳孔径の大きさに依らない特徴抽出方法を提案している。すなわち、円で近似した瞳孔／虹彩境界の中心を極座標の原点とし、半径座標を、瞳孔／虹彩境界と虹彩／強膜境界との間の距離の割合として表現する。これにより、登録時と認証時とで瞳孔径が異なる場合であっても、一定表現の特徴抽出がなされ、その特徴量同士を比較することが可能となる。よって、認証時に瞳孔径を制御する必要がなくなり、特許文献1と比べて認証時間を短縮できる。

【0006】

特許文献3では、登録時に、照明強度を変化させて瞳孔径の大きさが異なる複数の虹彩画像を撮影し、複数の虹彩画像から抽出された特徴量を登録しておき、認証時に撮影した虹彩画像から抽出された特徴量と、複数の登録特徴量と比較している。登録時に、瞳孔径の大きさが異なる複数の虹彩画像を撮影しているため、認証時の虹彩画像の瞳孔径が任意の値であっても、ほぼ等しい瞳孔径を持つ登録データと比較を行うことができる。よって、認証時に瞳孔径を制御する必要がなくなり、特許文献1と比べて認証時間を短縮できる。

【0007】

【特許文献1】

特公平5-84166号公報

【特許文献2】

特表平8-504979号公報

【特許文献3】

特開2000-194855号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

さて、上述の特許文献2に記載された極座標表現を用いる方法が有効であるためには、「虹彩パターンは、瞳孔の収縮や散大に応じて、ゴムシートのように一様に伸縮する」ことが前提となる。言い換えると、虹彩パターンが、瞳孔の収縮や散

大に応じてゴムシートのように一様に伸縮するからこそ、極座標表現によって、一定表現の特徴抽出がなされることになる。

【0009】

本願発明者らは、人間の目の虹彩パターンが、実際に、瞳孔の収縮や散大に応じて一様に伸長しているか否かを確認するために、極座標表現を用いた認証方法について、実験を繰り返し行った。この結果、次のような事実を確認した。

【0010】

瞳孔は、明るさ一定の環境下においても、常に小刻みに収縮・散大を繰り返していることが知られている。実験により確認した結果、このような瞳孔径のわずかな変動に対しては、虹彩パターンはほぼ一様に伸縮すると見なすことができ、認証は良好に行うことができた。しかしながら、登録画像と認証画像とで瞳孔径の差が大きい場合は、虹彩パターンは一様に伸縮していると見なすことはできず、このため、認証時には、本人拒否率（FRR: False Rejection Rate）が増大することを確認した。

【0011】

図22は実験で撮影したある人物の虹彩パターンの画像である。図22では、虹彩パターンを、目の原画像と正規化画像の両方で示している。正規化画像とは、虹彩領域（瞳孔／虹彩境界と虹彩／強膜境界との間の領域）を半径方向に一様収縮させることによって所定の大きさに正規化し、コントラストを強調した画像である。同図中、(a)は散瞳状態（暗所で撮影）、(b)は通常状態（室内で撮影）、(c)は縮瞳状態（屋外で撮影）である。虹彩パターンは、瞳孔を収縮させるための環状の筋肉と散大させるための放射状の筋肉からなるため、局所的に伸縮しており、例えば図22中の正規化画像に○で示した領域では、低輝度部分の円周方向の幅が散瞳になるほど増加しており、厳密には一様伸縮していないことが分かる。

【0012】

さらに、図22に示した人物について、瞳孔開度が異なる多数の虹彩画像から虹彩コードをそれぞれ得て、これらの虹彩コードのうちの1つを登録したと仮定して、その仮登録虹彩コードと各虹彩コードとのハミング距離を求めた。図23

はその結果を示すグラフであり、縦軸にハミング距離、横軸に瞳孔開度を表す指標として瞳孔径／虹彩径比をとっている。また、(a)は縮瞳状態の虹彩画像から得た虹彩コード、(b)は通常状態の虹彩画像から得た虹彩コード、(c)は散瞳状態の虹彩画像から得た虹彩コードを、それぞれ仮登録虹彩コードとしており、グラフ中の縦破線は仮登録虹彩コードの瞳孔径／虹彩径比を示している。

【0013】

ここで、本人として認証するためのハミング距離の閾値を0.3とすると、例えば図23(a)から、縮瞳状態の虹彩画像から得た虹彩コードを登録した場合には、瞳孔径／虹彩径比が0.5を超えるような虹彩コードでは、ハミング距離が閾値を越えるために、本人として認証されない可能性が高い。すなわち、認証時の瞳孔径・虹彩径比が登録時の瞳孔径・虹彩径比と異なるにつれ、ハミング距離が大きくなり、したがって本人拒否が発生する可能性が高まることが分かる。

【0014】

従来は、虹彩認証技術は、入退室管理やPCログイン用途など室内での使用が主であったため、極端な縮瞳状態や散瞳状態については特に考慮する必要がなかった。ところが、本願発明者らは、携帯電話やPDAに虹彩認証技術を搭載し、屋外で認証を行うことを想定している。そして、太陽光が入射する窓際や屋外の環境下では、極端な縮瞳状態となり、また、環境光の少ない夜の屋外等では、極端な散瞳状態となることを鑑み、実験を繰り返した結果、このような事実をはじめて発見することができた。

【0015】

前記の問題に鑑み、本発明は、虹彩認証を利用した個人認証において、外光下や暗所など様々な状況下においても、十分に高い認証精度が得られるようにすることを課題とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

前記の課題を解決するために、本発明は、虹彩画像を用いた個人認証方法として、登録時において、被登録者について瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影し、撮影した前記複数の虹彩画像からそれぞれ特徴データと瞳孔開度指標とを抽

出し、抽出した複数の特徴データを、瞳孔開度指標と併せて前記被登録者と対応づけて虹彩データベースに登録し、認証時において、被認証者について虹彩画像を撮影し、撮影した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを抽出し、前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録された複数の特徴データの中から、当該特徴データと併せて登録されている瞳孔開度指標と認証時に抽出した瞳孔開度指標とを対比することによって、照合対象の特徴データを選択し、選択した特徴データと認証時に抽出した特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断するものである。

【0017】

この発明によると、登録時において、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像から得られた複数の特徴データが、瞳孔開度指標と併せて、虹彩データベースに登録される。そして認証時において、虹彩データベースに登録された特徴データの中から、当該特徴データに併せて登録された瞳孔開度指標と、認証時に虹彩画像から抽出された瞳孔開度指標とが対比され、照合対象の特徴データが選択される。このため、認証時の瞳孔がたとえ縮瞳状態であっても散瞳状態であっても、その瞳孔の開き具合に応じた特徴データが照合対象として選択されるので、様々な状況下においても、本人拒否率が抑えられた十分に精度の高い個人認証を実行することができる。また、瞳孔開度指標を用いることによって、照合対象の特徴データを簡易に検索することができるので、認証を短時間で行うことができる。

【0018】

そして、前記本発明に係る個人認証方法における瞳孔開度指標は、虹彩画像における瞳孔径と虹彩径との比であるのが好ましい。

【0019】

また、前記本発明に係る個人認証方法の登録時において、前記被登録者について、縮瞳状態、通常状態および散瞳状態における虹彩画像からそれぞれ得られた3個の特徴データを、少なくとも登録するのが好ましい。

【0020】

また、前記本発明に係る個人認証方法の登録時において、抽出した複数の特徴データ同士を照合することによって、前記複数の特徴データから前記虹彩データ

ベースに登録する特徴データを選択するのが好ましい。

【0021】

また、本発明は、虹彩画像を用いた個人認証方法として、登録時において、被登録者について瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影し、撮影した前記複数の虹彩画像からそれぞれ特徴データと瞳孔開度指標とを抽出し、抽出した複数の特徴データおよび瞳孔開度指標から特徴データと瞳孔開度指標との関係式を求め、この関係式を表すためのパラメータを前記被登録者と対応づけて虹彩データベースに登録し、認証時において、被認証者について虹彩画像を撮影し、撮影した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを抽出し、前記虹彩データベースに登録者と対応づけて登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に認証時に抽出した瞳孔開度指標を代入して照合対象の特徴データを得て、得た特徴データと認証時に抽出した特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断するものである。

【0022】

この発明によると、登録時において、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像から得られた複数の特徴データと、瞳孔開度指標との関係式を表すためのパラメータが、虹彩データベースに登録される。そして認証時において、虹彩データベースに登録されたパラメータによって表された関係式に、認証時に虹彩画像から抽出された瞳孔開度指標が代入され、照合対象の特徴データが得られる。このため、認証時の瞳孔がたとえ縮瞳状態であっても散瞳状態であっても、その瞳孔の開き具合に応じた特徴データが照合対象として得られるので、様々な状況下においても、本人拒否率が抑えられた十分に精度の高い個人認証を実行することができる。また、瞳孔開度指標を関係式に代入するだけで、照合対象の特徴データを簡易に得ることができるので、認証を短時間で行うことができる。

【0023】

そして、前記本発明に係る個人認証方法における瞳孔開度指標は、虹彩画像における瞳孔径と虹彩径との比であるのが好ましい。

【0024】

また、前記本発明に係る個人認証方法において、登録時において、前記パラメ

ータを間引いて登録し、認証時において、間引かれたパラメータを補間によって復元するのが好ましい。

【0025】

また、本発明は、虹彩画像を用いて個人認証を行う方法として、各登録者について、虹彩画像の特徴データが複数個、瞳孔開度指標と併せて登録された虹彩データベースを用い、被認証者について虹彩画像を取得し、取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを抽出し、前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録された複数の特徴データの中から、当該特徴データと併せて登録されている瞳孔開度指標と認証時に抽出した瞳孔開度指標とを対比することによって、照合対象の特徴データを選択し、選択した特徴データと認証時に抽出した特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断するものである。

【0026】

また、本発明は、虹彩画像を用いて個人認証を行う方法として、各登録者について、虹彩画像の特徴データと瞳孔開度指標との関係式を表すパラメータが登録された虹彩データベースを用い、被認証者について虹彩画像を取得し、取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを抽出し、前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に認証時に抽出した瞳孔開度指標を代入することによって、照合対象の特徴データを得て、得た特徴データと認証時に抽出した特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断するものである。

【0027】

また、本発明は、個人認証のための虹彩画像を撮影する装置として、被登録者の顔周囲に対し可視光照明を行う照明と、前記照明の発光強度を制御する照明制御部と、前記被登録者の虹彩画像を撮影する撮影部とを備え、前記照明制御部は、前記撮影部が前記被登録者について複数の虹彩画像を連続して撮影する過程において、撮影開始時に点灯させていた照明を所定のタイミングで消灯するものである。

【0028】

この発明によると、虹彩画像の撮影過程において、照明を点灯状態から消灯状態にするだけなので、複雑な照明制御を必要とせず、きわめて簡易に、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影することができる。また、明から暗という照度変化なので、被登録者に眩しさによる過大な苦痛を与えることがない。

【0029】

また、本発明は、虹彩認証のための特徴データを登録する装置として、被登録者について瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、取得した複数の虹彩画像からそれぞれ特徴データと瞳孔開度指標とを抽出し、抽出した複数の特徴データを瞳孔開度指標と併せて前記被登録者に対応づけて虹彩データベースに登録するものである。

【0030】

また、本発明は、虹彩認証のための特徴データを登録する装置として、被登録者について瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、取得した前記複数の虹彩画像からそれぞれ特徴データと瞳孔開度指標とを抽出し、抽出した複数の特徴データおよび瞳孔開度指標から特徴データと瞳孔開度指標との関係式を求め、この関係式を表すためのパラメータを前記被登録者に対応づけて虹彩データベースに登録するものである。

【0031】

また、本発明は、虹彩画像を用いて個人認証を行うための装置として、被認証者について虹彩画像を取得し、取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを抽出するものである。

【0032】

また、本発明は、虹彩画像を用いた個人認証方法として、登録時において、被登録者について瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影し、撮影した前記複数の虹彩画像から極座標系を用いて特徴データをそれぞれ抽出し、抽出した複数の特徴データを前記被登録者に対応づけて虹彩データベースに登録し、認証時において、被認証者について虹彩画像を撮影し、撮影した虹彩画像から極座標系を用いて特徴データを抽出し、抽出した特徴データと前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録された複数の特徴データとを比較することによって、前記被認証

者が前記登録者と同一であるか否かを判断するものである。

【0033】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0034】

（第1の実施形態）

図1は本発明の第1実施形態に係る個人認証方法を概念的に示す図である。図1に示すように、本実施形態では、虹彩データベース12に、各登録者について、虹彩コードを複数個、瞳孔径と虹彩径との比 R （以下、「瞳孔径／虹彩径比」と記す。）と併せて登録する。そして、認証時には、撮影した虹彩画像から特徴抽出によって虹彩コードを得るとともに、瞳孔径／虹彩径比 R を求める。そして、登録側の比 R と、認証時の比 R とを対比することによって、適切な虹彩コードを照合対象として選択し、認証を行う。

【0035】

図2は本実施形態における認証システムの全体構成を示す図である。図2において、虹彩認証サーバ11は複数登録者の虹彩画像の特徴データを格納する虹彩データベース12を持っており、インターネット、専用線、公衆回線などのネットワーク網13に接続されている。また、虹彩登録装置14と虹彩認証装置15も同様にネットワーク網13に接続されている。虹彩登録装置14は、登録時に生成した虹彩コードを虹彩データベース12に向けて送信する。虹彩認証装置15は、認証時に生成した虹彩コードと、虹彩データベース12から取得した登録時の虹彩コードとを比較することによって個人認証を行う。

【0036】

なお、虹彩認証サーバ11は、利用する地域毎や機関毎に複数設置されていたり、負荷を分散するためのミラーサーバを含めて複数台あってもよい。また、虹彩データベース12は、ネットワーク網を介して虹彩認証サーバ11に接続されていてもよい。

【0037】

図3は図2の認証システムにおける虹彩登録装置および虹彩撮影装置の構成を

示すブロック図である。図 3 に示すように、虹彩撮影装置 16 は、被登録者の顔周囲に対して可視光照明を行う照明 31、被登録者について複数の虹彩画像を連続して撮影可能な撮影部 32、および照明 31 の発光強度を制御する照明制御部 33 を備えている。

【0038】

また虹彩登録装置 14 は、虹彩画像を取得する虹彩画像取得部 34、取得された虹彩画像から特徴データ（虹彩コード）を抽出する特徴抽出部 35、取得された虹彩画像において、瞳孔開度指標としての瞳孔径／虹彩径比を計算する比計算部 36、および、特徴データと瞳孔径／虹彩径比とを対応づけて、ネットワーク網 13 へ送信する特徴送信部 37 を備えている。ここでは虹彩画像取得部 34 は、虹彩撮影装置 16 から送られた瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得する。また、特徴送信部 37 からネットワーク網 13 へ送信された特徴データは、虹彩データベース 12 に登録される。

【0039】

なお、虹彩登録装置 14 が虹彩認証サーバと一体化して構成されている場合には、特徴送信部 37 の代わりに、特徴データと瞳孔径／虹彩径比とを対応づけて虹彩データベースに登録する特徴記憶部を設ければよい。また、虹彩登録装置 14 と虹彩撮影装置 16 とは、一体に構成してもよいし、別個に構成してもかまわない。さらには、虹彩登録装置 14 では虹彩画像の撮影だけを行い、撮影した虹彩画像を虹彩認証サーバ 11 に送信するようにし、虹彩コードの生成は虹彩認証サーバ 11 側で行うようにしてもよい。また、虹彩登録装置 14 の全機能を個人認証サーバ 11 に内蔵してもよい。

【0040】

図 4 は図 2 の認証システムにおける虹彩認証装置の構成を示す図である。図 4 に示すように、虹彩認証装置 15 は、認証を行う被認証者の虹彩画像を取得する虹彩画像取得部 41、取得した虹彩画像から特徴データを抽出する特徴抽出部 42、取得した虹彩画像における瞳孔径／虹彩径比を計算する比計算部 43、ネットワーク網 13 を介して虹彩データベース 12 を参照し、瞳孔径／虹彩径比を対比することによって、照合対象の特徴データを選択取得する特徴量取得部 44、

および照合対象の特徴データと取得された特徴データとを比較することによって、認証を行う認証部 45 を備えている。

【0041】

なお、虹彩認証装置 15 では、認証用虹彩画像の撮影だけを行い、撮影した虹彩画像を虹彩認証サーバ 11 に送信し、虹彩コードの生成を虹彩認証サーバ 11 で行うようにしてもよい。また、登録虹彩コードとの比較も虹彩サーバ 11 において行い、認証結果のみを虹彩認証装置 15 が受け取るような形態であってもかまわない。また、虹彩認証装置 15 が、図 2 における虹彩認証サーバ 11、虹彩データベース 12、虹彩登録装置 14 および虹彩撮影装置 16 の機能を全て有し、登録、虹彩データの保持、認証を 1 台の装置によって行うようにしてもかまわない。

【0042】

図 5 は本実施形態における虹彩認証装置 15 の一例としての認証機能付携帯電話の外観を示す図である。図 5 の認証機能付携帯電話 20 は、携帯電話に、虹彩画像撮影用のカメラ 21 と虹彩撮影用の照明 22 とが付加されたものである。カメラ 21 および照明 22 以外には、モニタ 23、操作ボタン 24、スピーカ 25、マイク 26 およびアンテナ 27 等を備えている。照明 22 は 1 個または数個の近赤外 LED によって構成されている。近赤外光の照明を用いる理由は、被認証者が眩しさを感じないようにするためであり、また、茶褐色の虹彩パターンをコントラスト良く撮影できるようにするためである。カメラ 21 には可視光カットフィルタがセットされており、近赤外成分のみを受光する。モニタ 23 には、撮影中の虹彩画像や認証結果が表示される。

【0043】

本実施形態では、被認証者は、図 5 のような認証機能付携帯電話を用いて、屋外／屋内を問わず、また、昼／夜を問わず、様々な環境下で虹彩認証を行うものとする。

【0044】

図 6 は本実施形態における登録時の処理を示すフローチャートである。図 6 のフローに従って、本実施形態に係る個人認証方法における登録時の処理について

説明する。

【0045】

まず、被登録者は、虹彩撮影装置 16 によって、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影する (SA1)。虹彩撮影装置 16 では、撮影部 32 は複数の虹彩画像を連続して撮影することができ、また照明 31 の発光強度を照明制御部 33 によって制御することができる。ここでは、照明制御部 33 は、撮影部 32 が被登録者について複数の虹彩画像を連続して撮影する過程において、撮影開始時に点灯させていた照明 31 を、所定のタイミングで消灯するものとする。

【0046】

図 7 は虹彩画像の撮影時における照明制御と瞳孔開度の変化、および撮影タイミングを示すグラフである。図 7 に示すように、本実施形態では、一様な発光強度の照明 31 を時刻 t で消灯するものとする。時刻 t の前、すなわち、照明 31 が一様に点灯しているときは、瞳孔開度はほぼ一定である。ただし、人間の瞳孔は、一定の明るさの下でもわずかながら絶えず収縮と散大を繰り返しているため、図 7 (b) でも、瞳孔開度はわずかに振動している。

【0047】

そして時刻 t において、照明制御部によって照明 31 が消灯されると、瞳孔は明るさに順応するまで散大し、順応後はまたわずかな収縮と散大を繰り返す。その過程において、撮影部 32 が図 7 (b) に示す撮影タイミングで複数枚 (ここでは 10 枚) の虹彩画像を連続して撮影する。撮影タイミングとしては、消灯する時刻 t の直前から瞳孔が完全に散大するまでの間の数秒～十数秒後までが望ましい。

【0048】

このように、可視光照明強度を変化させることによって、様々な瞳孔開度の虹彩画像を複数枚撮影することができる。またここでは、撮影開始時に点灯させていた照明 31 を消灯させるだけですむので、複雑な照明制御は特に必要としない。また、明から暗へという照度変化にすることによって、被登録者の眩しさによる苦痛を和らげることができる。逆にいうと、照明を暗から明へ変化させる制御の場合には、被登録者にとって眩しいものになり、どちらかといえば好ましくな

い。

【0049】

もちろん、照明を消灯する代わりに、例えば、窓のある室内で虹彩画像の撮影を行い、ある時刻でカーテンを閉めるなどによって外光を遮断することによって、周囲の明るさを変化させてもよい。また、照明を単にオン・オフするのではなく、明るさを多段階で変化させてもよい。

【0050】

なお、この虹彩撮影装置は、外光が入らない室内に設置することが望ましい。そのような場所では、照明強度を強めにした場合、極端な縮瞳状態の虹彩画像が撮影できるとともに、消灯後は外光が入らないために極端な散瞳状態の虹彩画像が撮影できる。さらに、縮瞳と散瞳の間の虹彩画像が、多段階で撮影することができる。

【0051】

次に、ステップSA1で撮影した複数の虹彩画像から、特徴データをそれぞれ抽出する(SA2)。虹彩登録装置14において、虹彩画像取得部34が虹彩撮影装置16によって撮影された虹彩画像を取得し、特徴抽出部35が取得された複数の虹彩画像から特徴データを抽出する。ここでは、特許文献2(特表平8-504979号公報)に記載された手法を用いるものとする。特許文献2の虹彩認証の手法の概略は、以下のとおりである。

- (1) 虹彩外縁(虹彩と強膜との間の境界)および瞳孔外縁(瞳孔と虹彩との間の境界)を決定することによって、虹彩領域を切り出す
- (2) 切り出された虹彩領域を $x y$ 直交座標系から $r \theta$ 極座標系へと変換する
- (3) 解析帯域を決定する(半径方向をリング状に8分割)
- (4) マルチスケールの2-d Gaborフィルタを適用し、Gaborフィルタ出力後の信号を二値化したものを虹彩コードとする
- (5) 予め登録されていた登録虹彩コードと、認証時の虹彩コードとを比較(排他的OR)し、2つのコード間のハミング距離を計算する
- (6) ハミング距離が閾値よりも小さい場合は、本人として受け入れ、そうでなければ他人として棄却する

【0052】

図8(a)は(1)の虹彩外縁および瞳孔外縁の位置を表す図、図8(b)は虹彩外縁と瞳孔外縁に囲まれる領域を虹彩領域として切り出し、 $x y$ 座標系で表現した図である。この時点で、虹彩領域の平行移動の影響は吸収される。また図8(c)は虹彩領域を、瞳孔中心を中心として $r \theta$ 極座標系で表現した図である((2)の変換)。実際の瞳孔外縁と虹彩外縁は正確には真円ではない。両者を敢えて円で近似した場合、瞳孔の中心と虹彩の中心は同心ではない(偏心している)が、 r 方向の値を瞳孔外縁で0、虹彩外縁で1に設定することにより、偏心、瞳孔の開き具合の差、および拡大縮小の影響を吸収することができる。

【0053】

図9は(3)で決定された8リング状の解析帯域を表す図、図10は(4)の虹彩コード作成を示す図であり、図9の解析帯域を決定した後の輝度信号(a)に、Gaborフィルタを適用して(b)二値化を行う(c)様子を示している。実際は2次元信号であるが、ここでは説明の簡略化のために1次元で示した。

(a)は8リングのうちの1リングにおける角度方向輝度信号である。実際はマルチスケールのGaborフィルタを適用し、単一のスケールのGaborフィルタにも実部、虚部が存在するが、(b)(c)は、ある1つのスケールのGaborフィルタ実部を適用した結果である。Gaborフィルタ出力の正負により二値化を行った後の虹彩コード(c)における各ビットの位置は、虹彩画像上のある位置に対応づけることができる。

【0054】

このように、複数の虹彩画像について、処理(1)～(6)を行うことにより、虹彩について、平行移動、拡大縮小、瞳孔の開き具合の差異、瞳孔の偏心の影響を吸収した虹彩コードが特徴データとして作成される。

【0055】

次に、取得した複数の虹彩画像から、瞳孔径／虹彩径比をそれぞれ計算する(SA3)。この処理は、虹彩登録装置14の比計算部36によって行われる。ここでは、瞳孔外縁を半径 r_p の円で、虹彩外縁を半径 r_i の円でフィッティングを行い、瞳孔径／虹彩径比 R を、

$$R = r_p / r_i$$

と定義する。そして、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像から抽出された虹彩コードが、それぞれ、瞳孔径／虹彩径比 R と、対応づけられる。

【0056】

本実施形態では、瞳孔開度を表現するための瞳孔開度指標として、瞳孔径／虹彩径比を用いている。その理由は次のとおりである。瞳孔の開き具合を表現するパラメータとしては、例えば「瞳孔径」そのものを利用することも可能である。ただし、この場合には、虹彩が常に一定の大きさ（画素数）で撮影できる、という条件を満たすことが必要になる。ところが、携帯電話やPDAのような携帯機器に虹彩認証機能を付加する場合、撮影する本人が、カメラが設けられた携帯機器を手で持って撮影を行うため、撮影時のカメラと目位置との距離が一定に保たれる保証はなく、変動し易い。このため、虹彩画像上で虹彩領域の大きさ自体が変化するので、瞳孔径のみでは瞳孔開度を正確に表現することができない。これに対して、本実施形態のように瞳孔径／虹彩径比を瞳孔開度指標として用いた場合には、たとえ虹彩領域の大きさが画像上で一定しないとしても、瞳孔開度を正確に表現することができる。

【0057】

次に、最終的に保存する特徴データを選択する（SA4）。本実施形態では、図7に示したように、ある登録者に対して10枚の虹彩画像を撮影している。この10枚の虹彩画像についてそれぞれ求めた虹彩コードを全て虹彩データベース12に登録してもよいが、ここでは、虹彩データベース12に格納するデータ量をできるだけ少なくするために、必要最小限の虹彩コードを選択するものとする。

【0058】

虹彩コードの選択は、具体的には次のような処理によって行う。まず、瞳孔径／虹彩径比 R が昇順（または降順）となるように虹彩コードを並び替え、虹彩コードに番号をつける。次に、特徴データ同士の照合として、異なる虹彩コード間のハミング距離を計算する。ここでの計算手法は、後述する認証時の処理におけるハミング距離の計算と同様である。

【0059】

本実施形態では、虹彩コードが10個存在するため、ハミング距離は45通り(=10C₂)計算される。この結果、図11に示すようなハミング距離のマトリクスが得られる。虹彩パターンは、厳密にいうと一様な収縮をしないため、瞳孔径／虹彩径比の値Rに近い虹彩コードほど、そのハミング距離は小さくなり、遠いほどハミング距離は大きくなる。

【0060】

そして、各虹彩コードについて、隣接する2つの虹彩コードとのハミング距離が所定の閾値以上であるか否かを判定し、2つのハミング距離が両方とも閾値未満であるとき、その虹彩コードは省略可能であると判断する。所定の閾値は、例えば0.20とする。

【0061】

具体的には、図11において虹彩コード1に着目すると、虹彩コード0とのハミング距離は0.15であり、虹彩コード2とのハミング距離は0.16である。すなわち、ハミング距離が両方とも閾値すなわち0.20未満であるので、虹彩コード1は省略可能と判断する。この判断は、仮に、認証時の虹彩コードが虹彩コード1に近い場合であっても、虹彩コード0または虹彩コード2と比較することによって認証が成功するため、虹彩コード1は省略してもよい、という思想に基づく。

【0062】

そして、図11において虹彩コード1の行と列を消去して、同様の操作を繰り返す。虹彩コード2に着目すると、虹彩コード0とのハミング距離は0.20であり閾値未満ではないので、虹彩コード2は省略不可能と判断する。次に、虹彩コード3に着目した場合、虹彩コード2とのハミング距離は0.14であり、虹彩コード4とのハミング距離は0.13であり、両方とも閾値未満であるので、虹彩コード3は省略可能と判断する。このような処理を繰り返し、最終的には、虹彩コード0, 2, 4, 6, 8, 9の6個が選択される。

【0063】

このように、虹彩コード間のハミング距離を参照して、最終的に登録する虹彩

コードを決定することによって、虹彩データベース 12 のデータ量を削減することができる。

【0064】

なお、虹彩データベースに保存する特徴データを選択するための手法としては、虹彩コードのハミング距離を利用する以外にも、様々な手法が考えられる。例えば、瞳孔径／虹彩径比を用いてもよく、例えば、瞳孔径／虹彩径比が 0.1～0.3、0.3～0.5、0.5～0.7 の各範囲に入るものから、それぞれ 1 個ずつを選択してもよい。またその他にも、目の見開き度合が十分大きいかな否か、まばたきや被写体の動きによってぶれていないかどうか、フォーカス値が合っているかな否か、等を、選択基準として用いることができる。

【0065】

虹彩コードの選択は、次のような方法によっても行うことができる。すなわち、抽出した複数の虹彩コードのうち任意の 1 つを実際に登録すると見なしたとき、この仮登録コードと各虹彩コードとのハミング距離から、図 12 のようなグラフが作成できる。図 12 において、縦軸はハミング距離、横軸は瞳孔径／虹彩径比であり、各点は仮登録コード以外の各虹彩コードに対応している。

【0066】

そして図 12 のグラフから、許容すべき FRR（本人拒否率、例えば 1 %）を満たす瞳孔径／虹彩径比の範囲 A1 を得ることができる。また、他の虹彩コードについても、同様の処理を行って許容すべき FRR を満たす瞳孔径／虹彩径比の範囲を求める。そして、瞳孔径／虹彩径比がとりうる範囲全てがカバーされるように、虹彩コードを選択することによって、必要最小限の登録虹彩コードを決定することができる。

【0067】

ただし、この方法を行う必要条件として、登録時に得られる虹彩データの個数が十分多いことが挙げられる。また、認証時には、他の要因（カメラのフォーカスずれ、瞼・睫による隠蔽等）によって本人棄却がなされる可能性も考えられるので、許容すべき FRR を満たす瞳孔径／虹彩径比の範囲は互いに少しずつオーバーラップしていることが望ましい。

【0068】

なお、本願発明者らによる実験の結果、一人の登録者について、縮瞳状態、通常状態、および散瞳状態における虹彩画像からそれぞれ得られた3個の特徴データを少なくとも登録しておけば、その登録者は良好に認証可能であることが分かっている。ここで、縮瞳状態とは、瞳孔径／虹彩径比が0.1～0.3のとき、通常状態とは、瞳孔径／虹彩径が0.3～0.5のとき、散瞳状態とは、瞳孔径／虹彩径比が0.5～0.7のときとする。

【0069】

最後に、ステップSA4で選択した特徴データとしての虹彩コードを、瞳孔開度指標としての瞳孔径／虹彩径比と併せて、虹彩データベース12に保存する(SA5)。ここでは、虹彩登録装置14の特徴送信部37が、ネットワーク網13を介して虹彩データベース12に虹彩コードと瞳孔径／虹彩径比を送信する。

【0070】

図13は虹彩データベース12のデータ内容の一例を模式的に示す図であり、複数(M人)の登録者について合計N個の虹彩コードが登録されている。図13に示すように、各虹彩コードには、瞳孔径／虹彩径比が付加情報として添付されている。

【0071】

図14は本実施形態における認証時の処理を示すフローチャートである。図14のフローに従って、本実施形態に係る虹彩認証方法における認証時の処理について説明する。

【0072】

まず、被認証者は、虹彩認証装置15の虹彩画像取得部41によって、虹彩画像を撮影する(SB1)。ここで、虹彩認証装置15として図5の認証機能付携帯電話20のような可搬型の装置を用いた場合には、場所・時間を問わず認証可能である。昼間の屋外では、縮瞳状態の虹彩画像が撮影されることになり、夜間や照明が暗い場所では、散瞳状態の虹彩画像が撮影される。

【0073】

次に、特徴抽出部42が、撮影した虹彩画像から特徴データとして虹彩コード

を抽出する (SB2) とともに、比計算部 43 が、撮影した虹彩画像から瞳孔開度指標として瞳孔径／虹彩径比を計算する (SB3)。ステップ SB2, SB3 の処理は、登録時におけるステップ SA2, SA3 と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【0074】

次に、特徴データ取得部 44 が、虹彩データベース 12 の中から、瞳孔径／虹彩径比を対比することによって、照合対象となる虹彩コードを選択する (SB4)。ここでは、認証時の瞳孔径／虹彩径比と値が近い瞳孔径／虹彩径比と併せて登録されている虹彩コードを選択するものとする。

【0075】

例えば図 1 のように、認証時の虹彩画像における瞳孔径／虹彩径比 R が 0.41 であるとき、虹彩データベース 12 の中から、比 R が 0.41 に近い虹彩コードを照合対象として取得する。図 1 は、自分の ID を申告しない、1対N認証を説明した図である。1対N認証の場合は、図 1 に示すように、虹彩データベース 12 に登録された全ての登録者について、それぞれ、比 R が 0.41 に最も近い虹彩コードを 1 個ずつを取得する。一方、自分の ID を申告する 1対1認証の場合は、申告した ID に該当する登録者について、比 R が 0.41 に最も近い虹彩コード 1 個を取得する。

【0076】

そして、認証部 45 によって、特徴抽出部 42 によって抽出した虹彩コードと、特徴データ取得部 44 によって取得した虹彩コードとを比較することによって、認証を行う (SB5)。ここでは、特許文献 2 の方法と同様に、対象人物の顔の傾きや眼球の回旋運動の影響を補償するために、虹彩コードの相対シフトを行いながら比較を行う。コード比較時における相対シフトは、図 10 (c) に示す虹彩コードが、あたかも巻かれて円筒にされるかのように、互いに関して虹彩コードを角度方向にシフトさせながら比較処理を反復することによって実行される。そして、ハミング距離が最小となるシフト時でのハミング距離を最終的なハミング距離として出力する。認証は、この最終的なハミング距離が閾値以上であるか否かによって行い、閾値以上のときは被認証者は他人と判定する一方、閾値未

満のときは被認証者は本人であると決定する。

【0077】

なお、ここでは、虹彩認証装置15において認証まで行う例について説明したが、この代わりに、自分が持つ端末である虹彩認証装置では特徴抽出および比計算までの処理（SB1～SB3）を実行し、抽出した特徴データおよび瞳孔径／虹彩径比の値を虹彩認証サーバ11に向けて送信し、虹彩認証サーバ11において、特徴データ取得および認証（SB4，SB5）を行ってもかまわない。

【0078】

以上のように本実施形態によると、登録時には、登録者に対し、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、これら複数の虹彩画像から複数の虹彩コードを抽出して、瞳孔径／虹彩径比と対応づけて登録しておき、認証時には、登録された複数の虹彩コードの中から、瞳孔径／虹彩径比を対比して、照合対象の虹彩コードを選択する。すなわち、認証時に撮影した虹彩画像と瞳孔開度が同程度の虹彩画像から抽出した虹彩コードが、照合対象として選択されるので、認証時の瞳孔が、たとえ縮瞳状態であっても散瞳状態であっても、本人拒否率を抑えた個人認証を実行することができる。

【0079】

また、瞳孔径／虹彩径比を用いて照合対象の虹彩コードを絞り込むので、ただ単に、瞳孔径／虹彩径比が異なる複数の虹彩コードを登録しておき、認証時に最もハミング距離が小さい虹彩コードを選択するような場合に比べて、照合時間を大幅に短縮することができる。

【0080】

（第2の実施形態）

本発明の第2の実施形態では、登録時において、特徴データと瞳孔開度指標との関係式を求め、この関係式を表すためのパラメータを登録する。そして認証時において、登録されたパラメータによって表された関係式に、抽出した瞳孔開度指標を代入して、照合対象の特徴データを得る。

【0081】

本実施形態に係る個人認証方法は、例えば図2の認証システムにおいて実現さ

れる。図15は本実施形態に係る虹彩登録装置14Aの構成を示すブロック図であり、図3と共通の構成要素には図3と同一の符号を付している。関係式計算部38は、特徴データと瞳孔開度指標としての瞳孔径／虹彩径比との関係式を計算し、この関係式を表すパラメータを求める。特徴送信部37は関係式計算部38によって求められたパラメータを虹彩データベース12に送信する。

【0082】

図16は本実施形態に係る虹彩認証装置15Aの構成を示すブロック図であり、図4と共通の構成要素には図4と同一の符号を付している。特徴データ計算部46は、虹彩データベース12に登録されたパラメータによって表された関係式に、認証時の瞳孔径／虹彩径比を代入することによって、照合対象の特徴データを取得する。

【0083】

図17は本実施形態における登録時の処理を示すフローチャートである。図17のフローに従って、本実施形態に係る個人認証方法における登録時の処理について説明する。

【0084】

ステップSA1～SA3の処理は、第1の実施形態と同様である。すなわち、虹彩撮影装置16によって、被登録者について、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影し（SA1）、虹彩登録装置14Aの特徴抽出部35によって、複数の虹彩画像から特徴データとしての虹彩コードをそれぞれ抽出し（SA2）、虹彩登録装置14Aの比計算部36によって、複数の虹彩画像から瞳孔径／虹彩径比をそれぞれ計算する（SA3）。ただし、ステップSA2では、各虹彩画像について、虹彩コードとともに、図10（b）に示すような極座標表現した画像にGaborフィルタを適用した後の信号を、保存しておく。

【0085】

次に、虹彩登録装置14Aの関係式計算部38によって、各次元毎に、瞳孔径／虹彩径比と、特徴データとの関係式を計算する（SA6）。図18はステップSA6の処理の詳細を示すフローチャートである。

【0086】

まず、ステップ S A 2 で作成された複数 (K 個) の虹彩コードについて、i 番目のコードを基準とした場合、i 番目のコードと j 番目 ($j \neq i$) のコード間のハミング距離を算出する (S A 6 1)。コード間のハミング距離の計算方法は、第 1 の実施形態で説明した方法と同様である。またこのとき、ハミング距離とともに、そのハミング距離を算出した際のシフト量 (回転角 θ_j) を保存する (S A 6 2)。

【0087】

そして、ステップ S A 2 で保存しておいた G a b o r フィルタの出力信号をそれぞれ、回転角 θ_j だけ回転させる (S A 6 3)。最後に、各出力信号における同一位置の値を観測し、瞳孔径／虹彩径比の値と、出力信号値の関係を多項式 (D 次式) でフィッティングする (S A 6 4)。

【0088】

図 19 はステップ S A 6 の処理を概念的に説明するための図である。同図中、(a) はステップ S A 1 で撮影した瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像であり、虹彩領域を虹彩外縁と瞳孔外縁の 2 重円で簡略化して表現している。また、ステップ S A 3 で計算された瞳孔径／虹彩径比 R の値を併せて示している。図 19 (b) はステップ S A 2 で記憶された G a b o r フィルタの出力を、ステップ S A 6 1 で計算したハミング距離に対応したシフト量の分だけシフトしたもの、図 19 (c) は図 19 (b) における G a b o r フィルタ出力のうち、座標 (i, j) における値を、横軸を瞳孔径／虹彩径比とするグラフにプロットし、D 次式でフィッティングした結果を示す図である。

【0089】

なお、図 19 (c) ではある座標における実部 (または虚部) の G a b o r フィルタ出力について示しているが、実際にはこの処理を、特徴データを求める全座標について、実部および虚部について、並びに、G a b o r フィルタの解析周波数のそれぞれについて行う。例えば、極座標画像において、半径方向に S 点、角度方向に T 点、F 種類の周波数の G a b o r フィルタを適用する場合、このような D 次式が Z 個作成される。

$$Z = S \times T \times F \times 2$$

2 を乗じているのは、実部と虚部に対応する。

【0090】

次元数Dに関しては、小さく設定した場合は、虹彩データベース12のデータ量は削減されるものの、フィッティングの精度は低下する。逆に大きく設定した場合は、虹彩データベース12の記憶容量が増大するが、フィッティングの精度は向上する。本実施の形態では、次元数Dとして「3」を用いることとする。D=3のとき、関係式は、

$$Y = aX^3 + bX^2 + cX + d$$

となる。ここで、Xは瞳孔径／虹彩径比、Yは極座標のある位置におけるGaborフィルタ出力、a, b, c, dは係数である。

【0091】

D=3を選んだ理由は次のとおりである。虹彩認証を屋内で使用する場合は、虹彩パタンの変化は一様に伸縮するゴムシートとして近似可能である。ゴムシートで近似できるということは、瞳孔径／虹彩径比が変わっても、Gaborフィルタ出力の符号が変化しないことを意味している。符号が変化しなければ、虹彩コードのビットは変化しない。すなわち、登録虹彩コードの瞳孔径／虹彩径比と近い範囲では、YはXの比較的低次（D=1または2）の式で表現可能である。一方、登録虹彩コードの瞳孔径／虹彩径比から離れるような、極端な縮瞳時や散瞳時では、虹彩コードのビットは反転し、Gaborフィルタの出力の符号は変化する。このような関係を表現するためには、より高次の式が必要であるが、次元が高くなれば係数を保存するための記憶容量が増大となる。よって、本実施の形態ではD=3を選んでいる。もちろん、記憶容量が増加しても精度を優先するような用途の場合は、Dの値を3よりも大きく設定してもよい。

【0092】

このようにして算出された関係式の係数を、パラメータとして、虹彩データベース12に保存する（SA7）。図20は虹彩データベース12のデータ内容の一例であり、関係式の係数a, b, c, dが保存されている。各係数の1番目の添字は特徴データの番号に対応しており、2番目の添字は次元数に対応している。

。

【0093】

なお、ここでは、瞳孔径／虹彩径比と G a b o r フィルタ出力との関係式を、多項式フィッティングすることによって表現する方法について説明したが、これ以外に、例えばコサイン変換等の直交基底によって表現してもよい。

【0094】

ここで、特徴データを記憶するための記憶容量について言及する。特許文献2の方法では、特徴データは2048次元の二値情報で表現され、特徴データ1個当たり2048bit (=256byte)の容量を必要とした。これに対して本実施形態の場合、各次元を3次式で表現し、各係数を単精度浮動小数(float; 4byte)で表現するものとする、特徴データ1個当たりの容量は、 $2048 \times 4 \times 4 = 32768$ (byte)となり、特許文献2の128倍の容量が必要になる。

【0095】

また、虹彩データベースの容量を削減したい場合は、各パラメータを間引いて登録してもよい。2次元の極座標において、2-D G a b o r フィルタを角度方向および半径方向に適用する場合、そのコンボリューション後の出力値は、角度方向および半径方向の空間的に近い位置では相関がある。図10(b)でも、局所的に見た場合には値が連続しているので、角度方向の近い位置では相関があることが分かる。よって、G a b o r フィルタ出力値から得られたD次式の各係数値も相関があるものとして、角度方向、半径方向ともに数点おきに係数を登録する。仮に、角度方向、半径方向ともに1点おきに係数を登録する場合、上述の例における128倍の容量増加を、 $128 / 2 / 2 = 32$ 倍まで抑制することができる。また認証の際は、周囲の係数値から補間することにより、係数値を計算することができる。

【0096】

図21は本実施形態における認証時の処理を示すフローチャートである。図21のフローに従って、本実施形態に係る個人認証方法における認証時の処理について説明する。

【0097】

ステップSB1～SB3の処理は、第1の実施形態と同様である。すなわち、まず被認証者は、虹彩認証装置15Aの虹彩画像取得部41によって、虹彩画像を撮影する(SB1)。次に、特徴抽出部42が、撮影した虹彩画像から特徴データとして虹彩コードを抽出する(SB2)とともに、比計算部43が、撮影した虹彩画像から瞳孔開度指標として瞳孔径／虹彩径比を計算する(SB3)。

【0098】

次に、特徴データ計算部46は、虹彩データベース12に登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に、比計算部43によって計算した瞳孔径／虹彩径比を代入して、照合対象の虹彩データを計算する(SB6)。例えば、認証時の虹彩画像から抽出した瞳孔径／虹彩径比が0.41のとき、図20のような虹彩データベースに格納されたパラメータから作成されるD次式に、瞳孔径／虹彩径比として0.41を代入し、出力値を計算する。そして、その出力値を二値化する。この処理を全次元について行い、2値の虹彩コードを生成する。

【0099】

このとき、1対N認証の場合は、虹彩データベース12に登録された全ての登録者について、虹彩コードをそれぞれ取得する。一方、自分のIDを申告する1対1認証の場合は、申告したIDに該当する登録者について、登録されたパラメータから作成されるD次式に瞳孔径／虹彩径比を代入することによって、虹彩コード1個を取得する。

【0100】

そして、認証部45によって、特徴抽出部42によって抽出した虹彩コードと、特徴データ計算部46によって求めた虹彩コードとを比較することによって、認証を行う(SB7)。ここでの処理は、第1の実施形態におけるステップSB5と同様であるため、説明を省略する。

【0101】

以上のように本実施形態によると、登録時には、登録者に対し、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、これら複数の虹彩画像から特徴データを生成するD次式のパラメータを計算して登録しておき、認証時には、認証時の瞳孔径／虹彩径比を、登録されたパラメータから計算されるD次式に代入して、照合対象の

虹彩コードを決定する。すなわち、認証時に撮影した虹彩画像の瞳孔開度に応じた虹彩コードが照合対象として生成されるので、認証時の瞳孔が、たとえ縮瞳状態であっても散瞳状態であっても、本人拒否率を抑えた個人認証を実行することができる。

【0102】

なお、特許文献3では、特許文献2のように極座標表現を用いて登録時と認証時の瞳孔径の差を吸収するのではなく、瞳孔径が異なる複数の登録画像を準備することによって、登録時と認証時の瞳孔径の差を吸収している。よって、認証精度を高めようとするれば、瞳孔径がわずかに異なる多数の虹彩画像または特徴データを必要とし、データベースの容量の増大を招いてしまう。これは瞳孔径が少しでも異なると、異なる特徴データが得られてしまうからである。また、認証時に多数の虹彩画像と照合する必要があるため、認証時間が大幅に増加するという問題がある。なお1対N認証の場合には、多数の登録者について多数の特徴データを登録し、かつ、これら全てを認証時に照合しないといけないので、この問題はより深刻なものとなる。

【0103】

これに対して、上述の各実施形態では、複数の虹彩コードを瞳孔径／虹彩径比と対応づけて登録しておき、認証時に、瞳孔径／虹彩径比を対比して照合対象の虹彩コードを選択したり、特徴データを生成するD次式のパラメータを登録しておき、認証時に、認証時の瞳孔径／虹彩径比を登録されたパラメータから計算されるD次式に代入して照合対象の虹彩コードを決定したりするので、虹彩データベースの容量や認証時間の増加を招くことがなく、したがって、特許文献3と比較して、実用性が格段に向上している、といえる。

【0104】

なお、屋外での認証時には、虹彩パタンの変化だけではなく、外光の映り込みも認証阻害要因となるが、この映り込みに関しては、例えば本願発明者らによる特願2002-28446号によって、対応可能である。

【0105】

なお、上述の各実施形態では、虹彩画像の特徴データとして、虹彩コードを用

いるものとしたが、他の特徴データを用いてもよい。また、特徴データの生成のために極座標系表現を利用したが、これを利用しなくてもかまわない。

【0106】

【発明の効果】

以上のように本発明によると、認証時の瞳孔がたとえ縮瞳状態であっても散瞳状態であっても、その瞳孔の開き具合に応じた特徴データが照合対象として選択または取得されるので、様々な状況下においても、十分に精度の高い個人認証を実行することができる。さらに、瞳孔開度指標を用いることによって、照合対象の特徴データを簡易に検索または取得できるので、認証を短時間で行うことができる。本発明は、例えば、携帯電話・PDAなどに虹彩認証機能を搭載し、電子商取引用途のモバイル認証を行う際に、必須の技術となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態に係る個人認証方法を概念的に示す図である。

【図2】

本発明の各実施形態における虹彩認証システムの全体構成を示す図である。

【図3】

本発明の第1の実施形態における虹彩登録装置および虹彩撮影装置の構成を示すブロック図である。

【図4】

本発明の第1の実施形態における虹彩認証装置の構成を示す図である。

【図5】

虹彩認証装置の一例としての認証機能付携帯電話の外観を示す図である。

【図6】

本発明の第1の実施形態における登録時の処理を示すフローチャートである。

【図7】

虹彩画像の撮影時における照明制御と瞳孔開度の変化、および撮影タイミングを示すグラフである。

【図8】

(a) は虹彩領域を表す図、(b) は虹彩領域を x y 座標系で表現した図、(c) は虹彩領域を極座標系で表現した図である。

【図 9】

解析帯域を表す図である。

【図 10】

虹彩コードの作成を示す図である。

【図 11】

虹彩コード同士のハミング距離のマトリクスである。

【図 12】

虹彩コード同士のハミング距離をプロットしたグラフである。

【図 13】

本発明の第 1 の実施形態における虹彩データベースのデータ内容の一例である。

【図 14】

本発明の第 1 の実施形態における認証時の処理を示すフローチャートである。

【図 15】

本発明の第 2 の実施形態における虹彩登録装置の構成を示すブロック図である。

【図 16】

本発明の第 2 の実施形態における虹彩認証装置の構成を示すブロック図である。

【図 17】

本発明の第 2 の実施形態における登録時の処理を示すフローチャートである。

【図 18】

図 17 のフローにおけるステップ S A 6 の処理の詳細を示すフローチャートである。

【図 19】

図 17 のフローにおけるステップ S A 6 の処理を概念的に説明するための図である。

【図 20】

本発明の第 2 の実施形態における虹彩データベース 12 のデータ内容の一例である。

【図 21】

本発明の第 2 の実施形態における認証時の処理を示すフローチャートである。

【図 22】

虹彩パタンの画像の例である。

【図 23】

仮登録虹彩コードと各虹彩コードとのハミング距離の分布を示すグラフである。

。

【符号の説明】

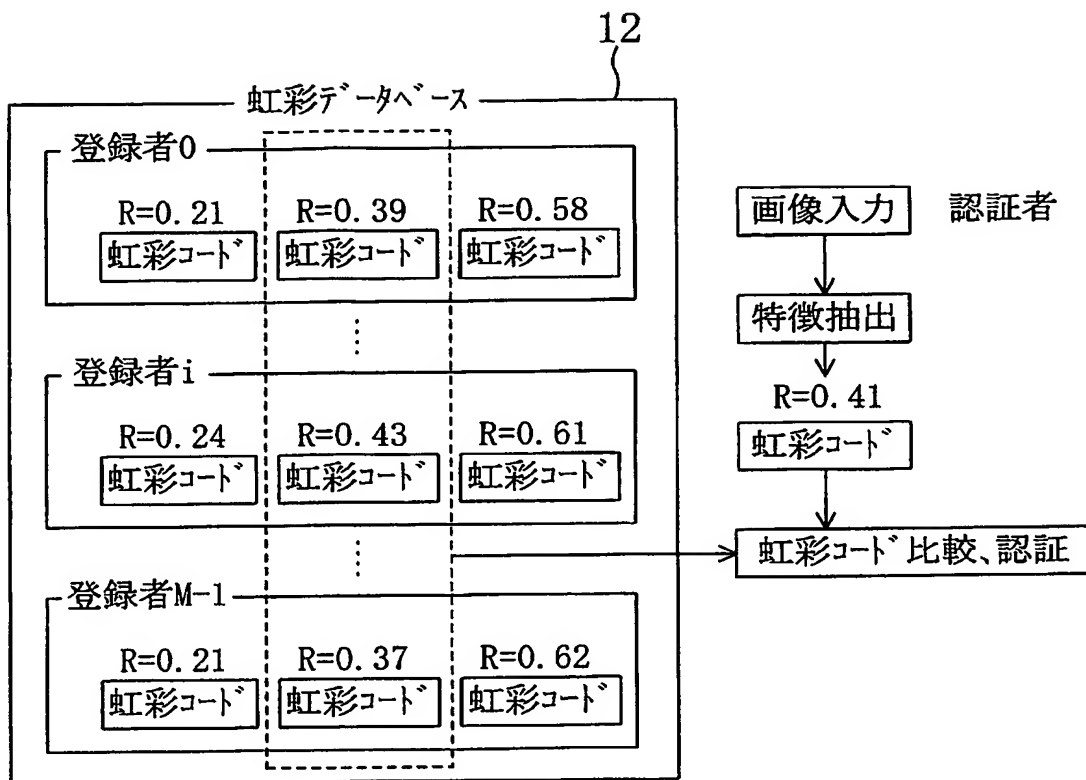
- 11 虹彩認証サーバ
- 12 虹彩データベース
- 13 ネットワーク網
- 14, 14A 虹彩登録装置
- 15, 15A 虹彩認証装置
- 16 虹彩撮影装置
- 31 照明
- 32 撮影部
- 33 照明制御部
- 34 虹彩画像取得部
- 35 特徴抽出部
- 36 比計算部
- 37 特徴送信部
- 38 関係式計算部
- 41 虹彩画像取得部
- 42 特徴取得部
- 43 比計算部
- 44 特徴データ取得部

4 5 認証部

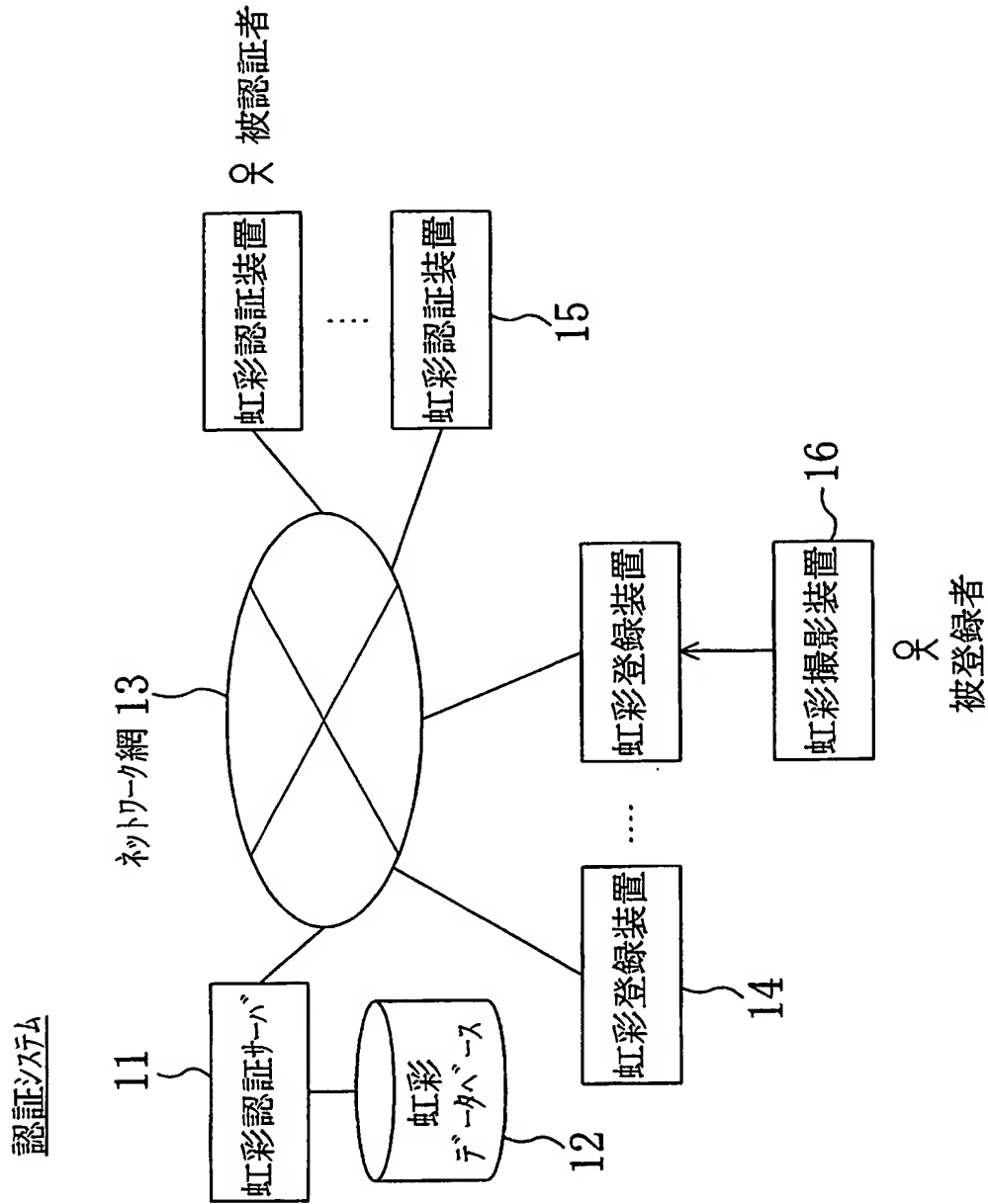
4 6 特徴データ計算部

【書類名】 図面

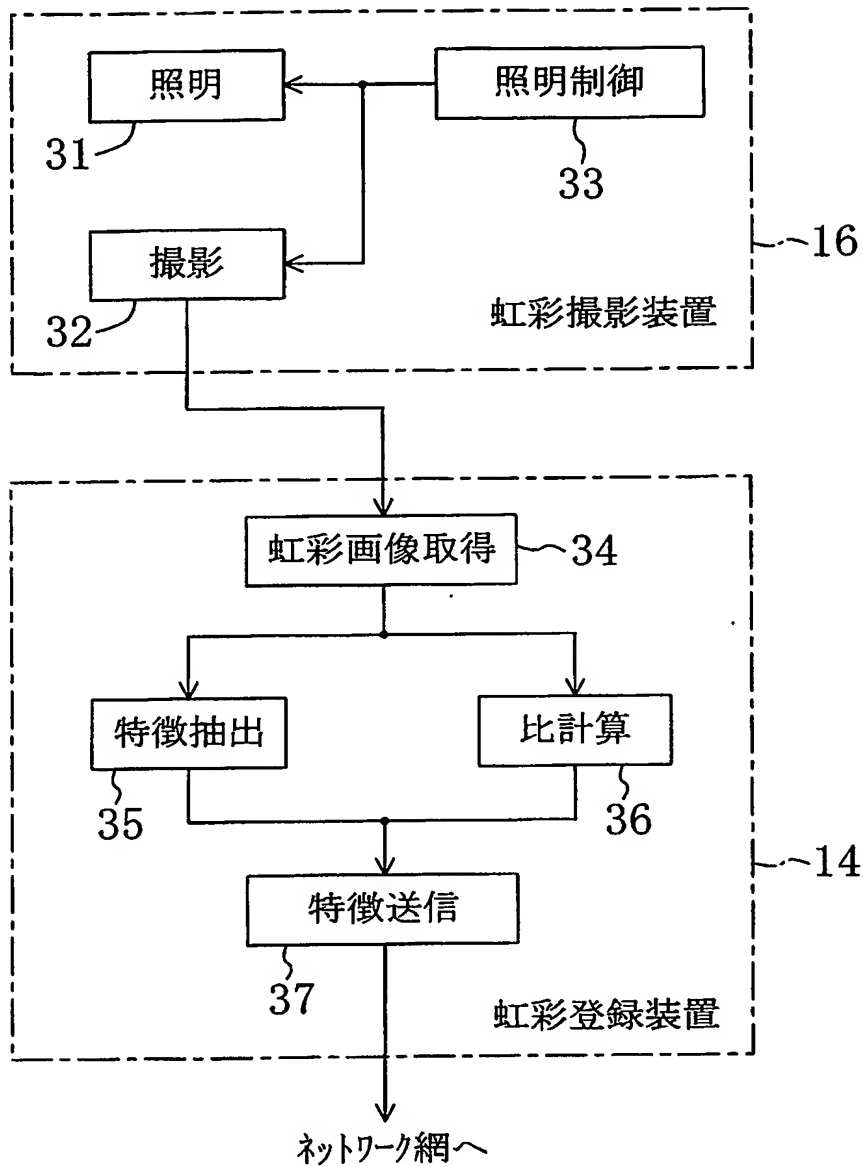
【図 1】



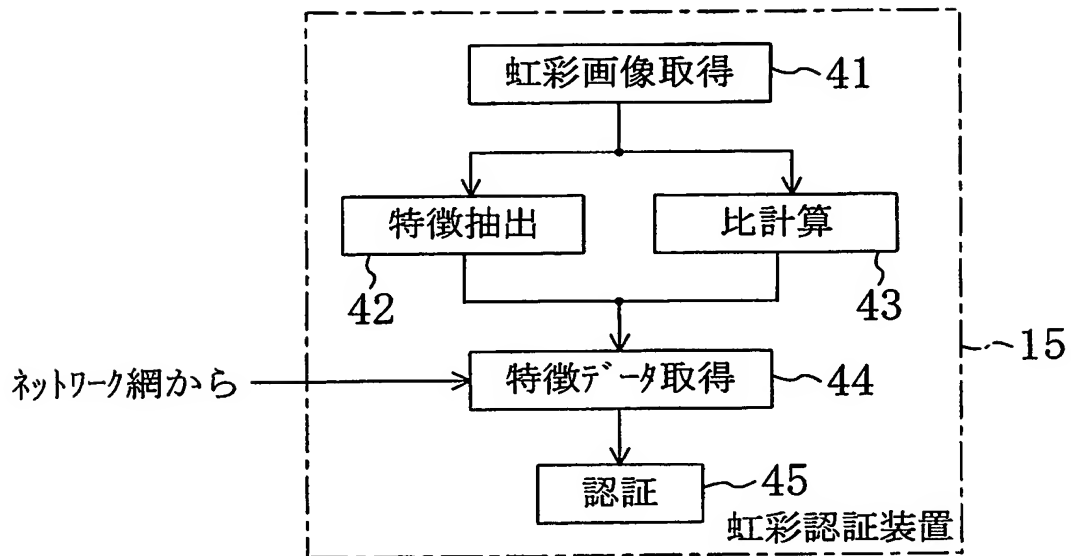
【図 2】



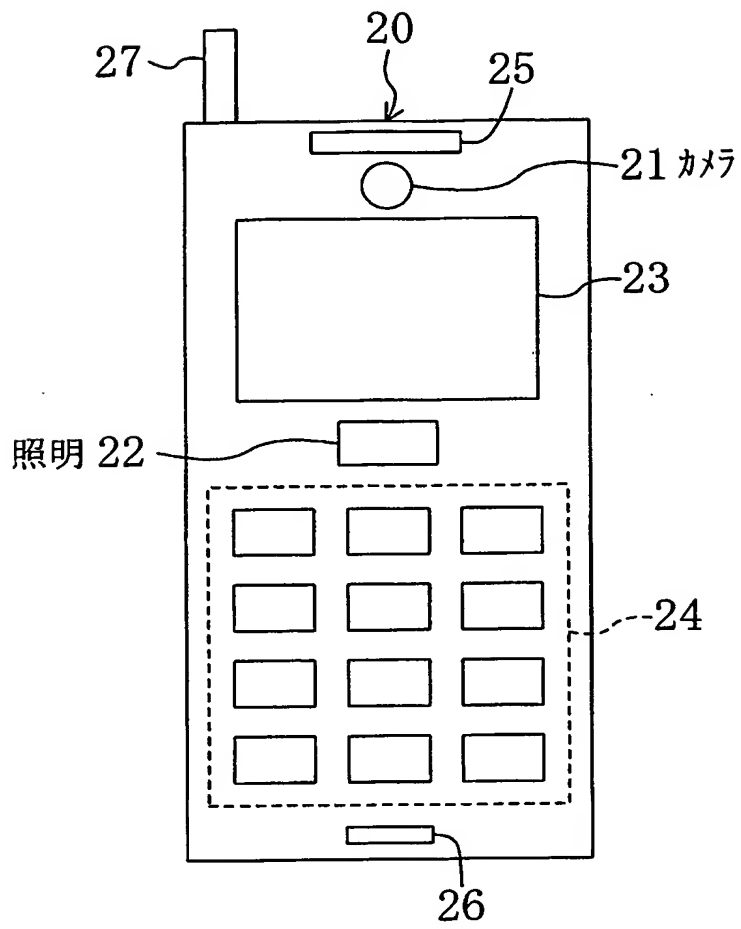
【図 3】



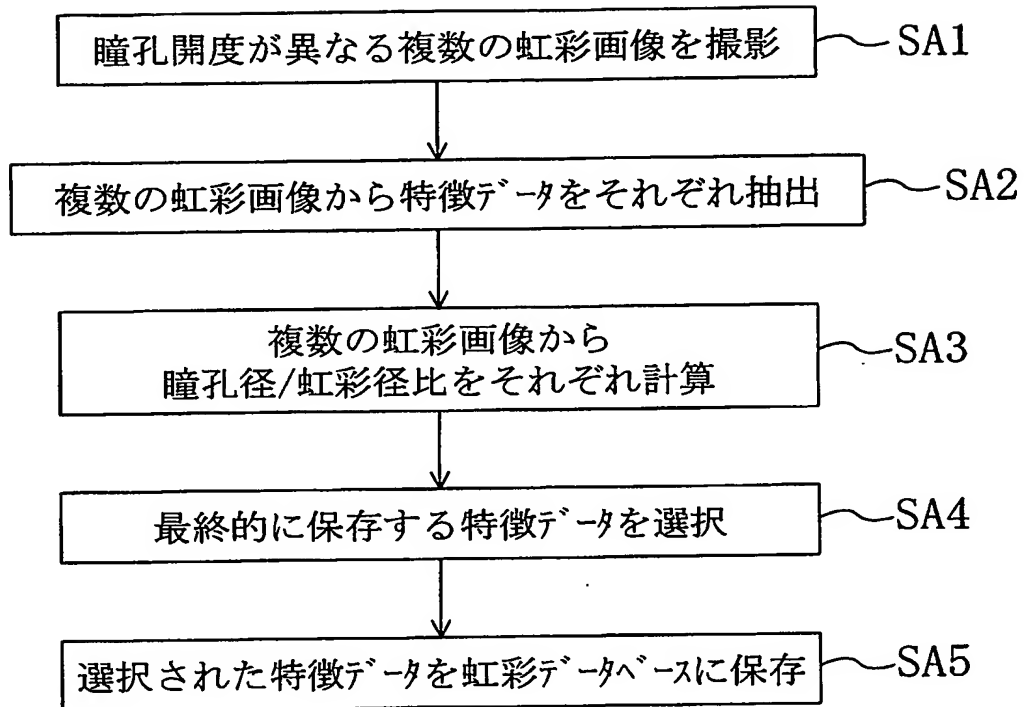
【図 4】



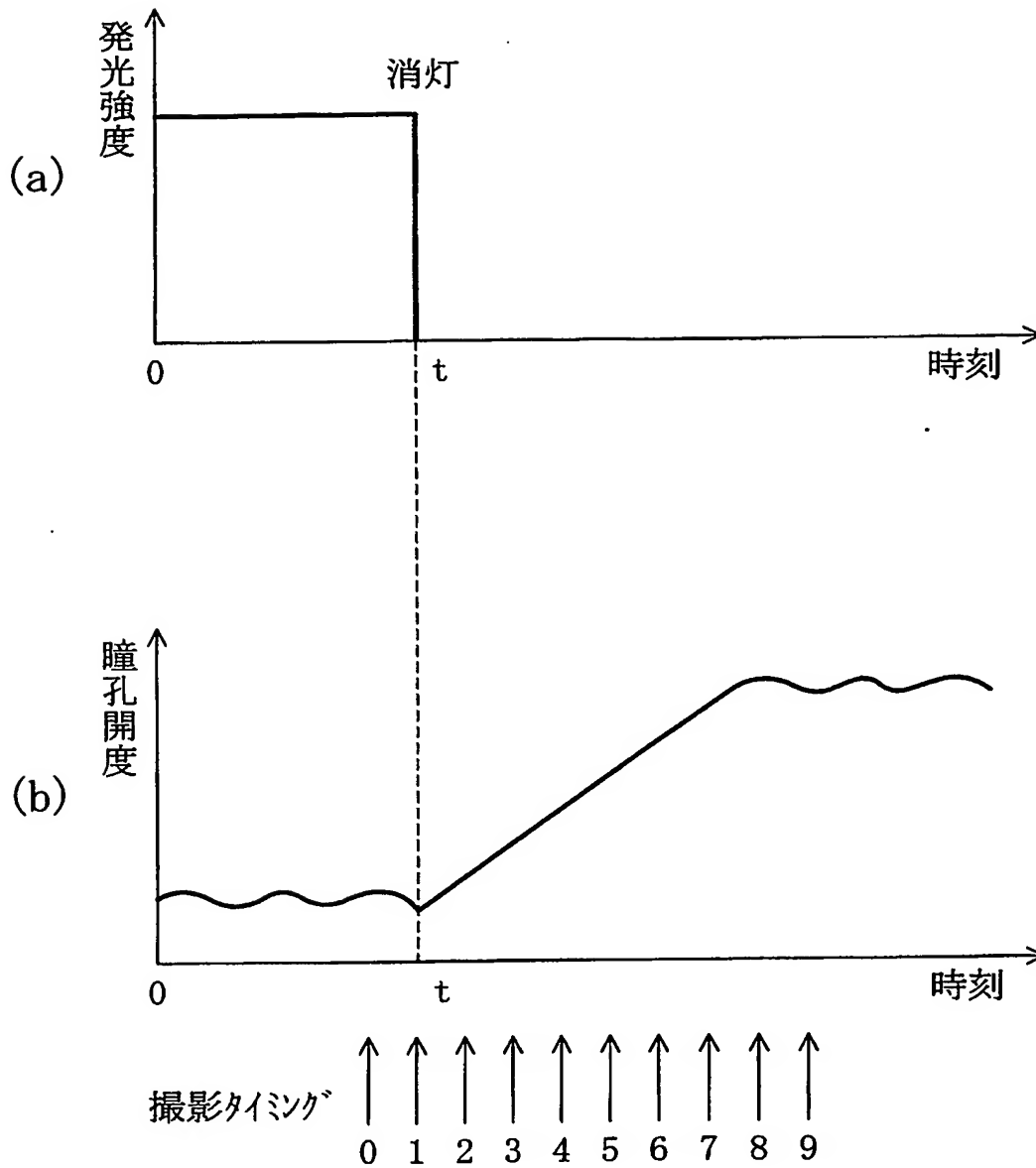
【図 5】



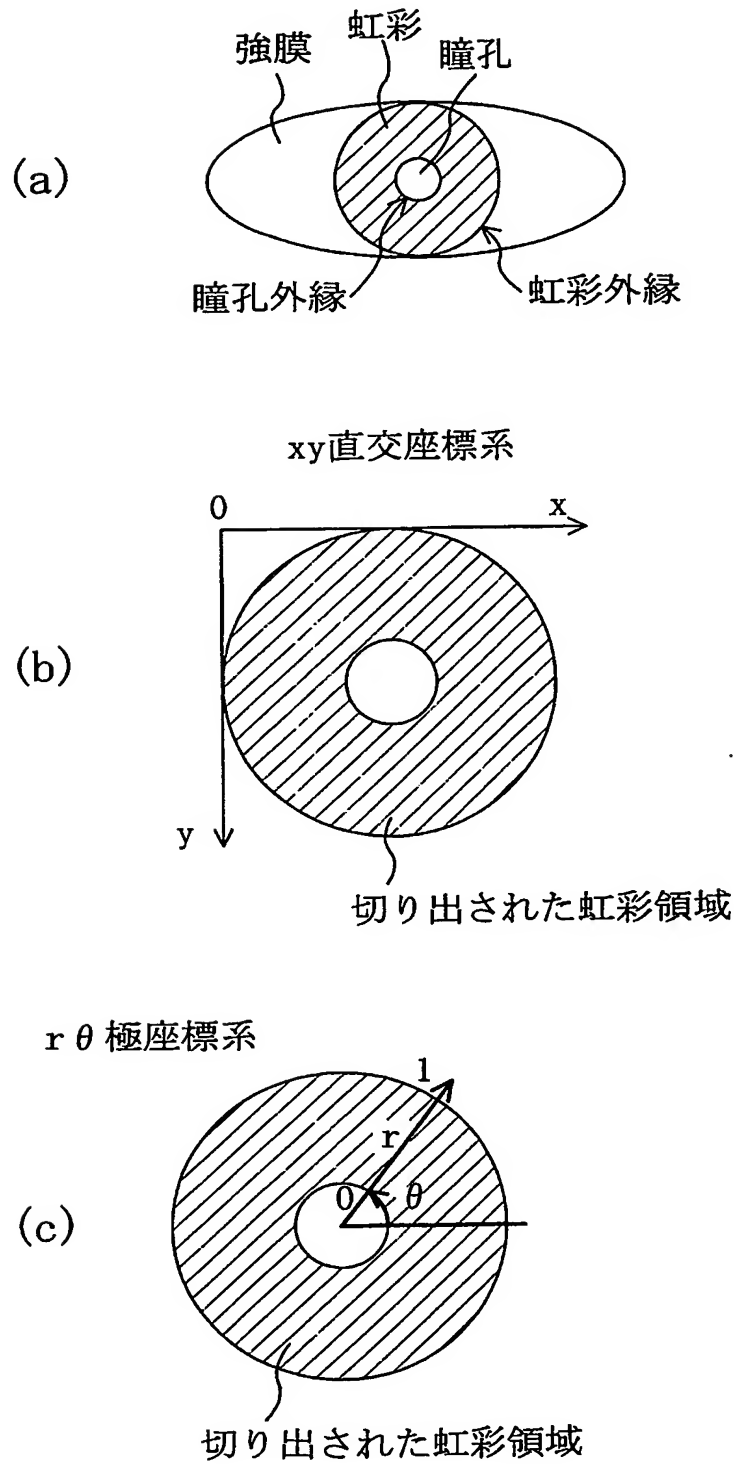
【図 6】

登録時

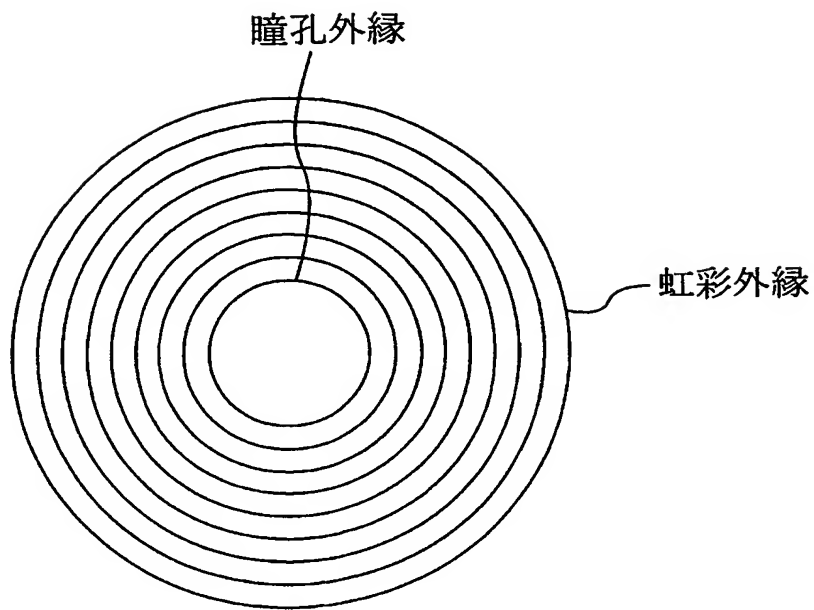
【図 7】



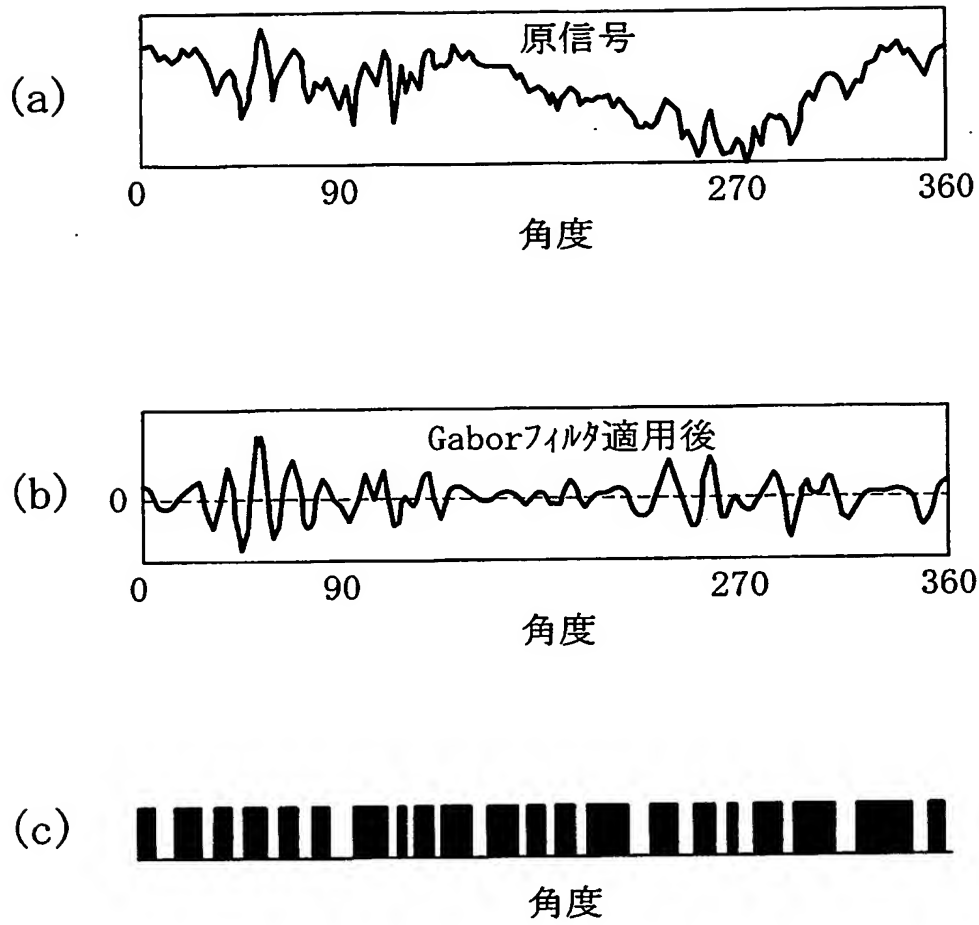
【図 8】



【図 9】



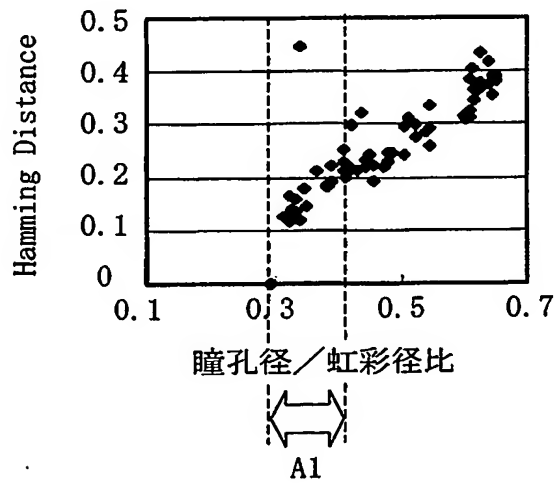
【図 10】



【図 11】

コード 番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		0.15	0.20	0.24	0.31	0.34	0.38	0.41	0.42	0.41
1			0.16	0.22	0.24	0.32	0.37	0.38	0.40	0.42
2				0.14	0.21	0.26	0.30	0.34	0.37	0.39
3					0.13	0.18	0.24	0.29	0.37	0.40
4						0.16	0.22	0.28	0.31	0.36
5							0.13	0.19	0.24	0.28
6								0.14	0.21	0.24
7									0.15	0.19
8										0.12
9										

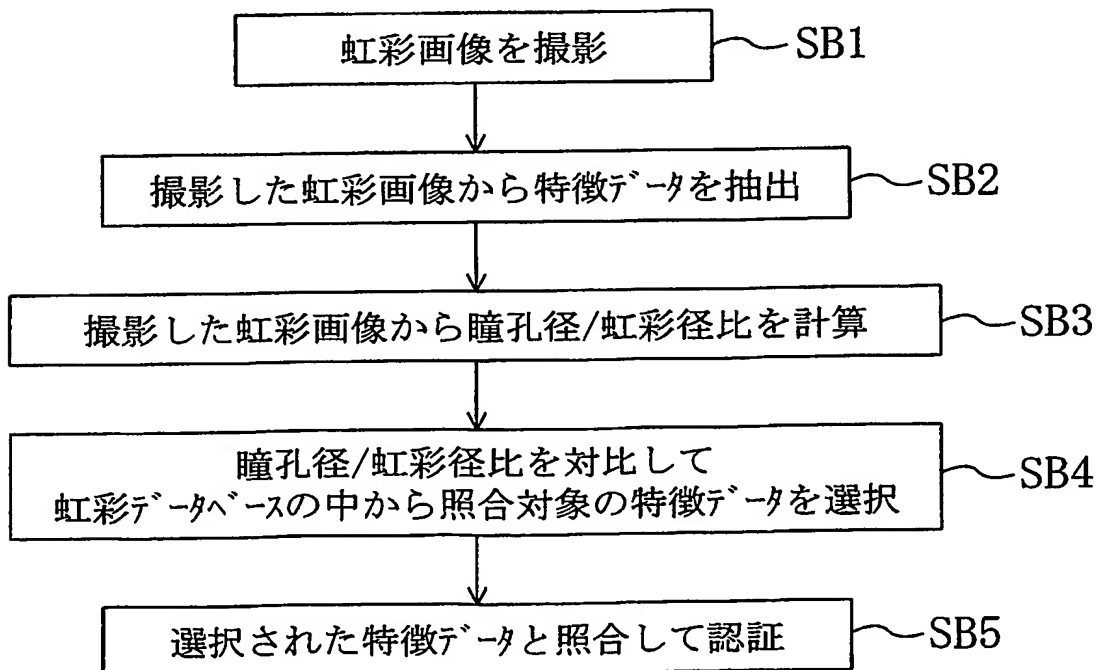
【図 12】



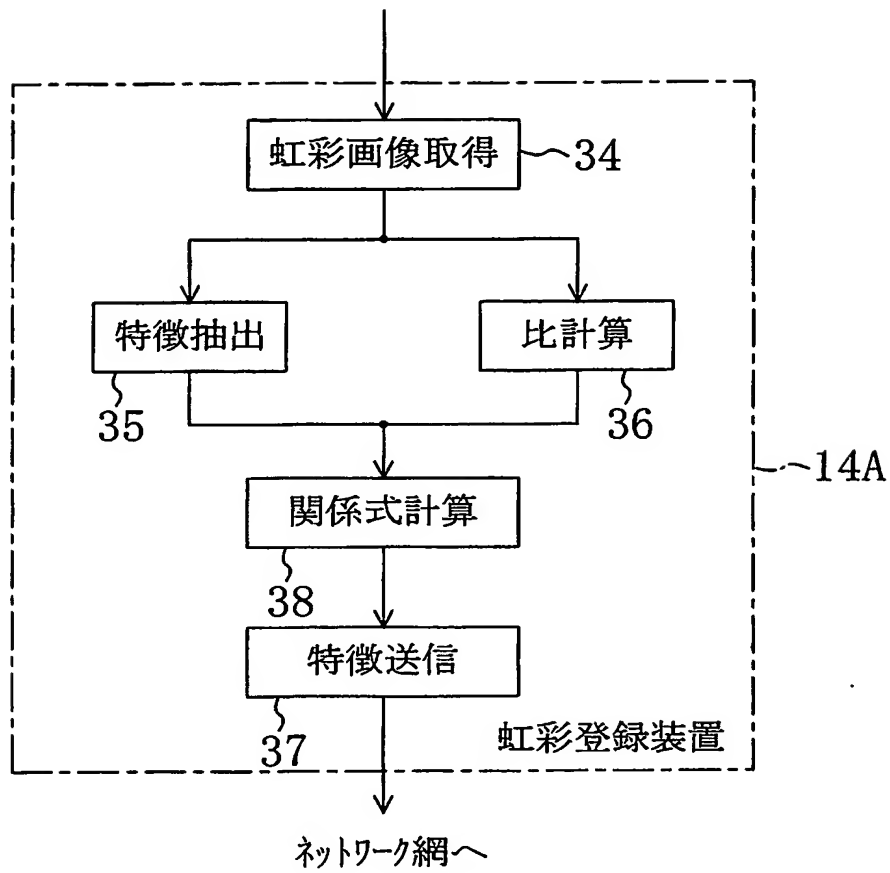
【図 13】

虹彩コード No.	登録者 No.	瞳孔径/虹彩径比
00000	00000	0.21
00001	00000	0.39
00002	00000	0.58
00003	00001	0.19
00004	00001	0.42
00005	00001	0.61
...
N-1	M-1	0.62

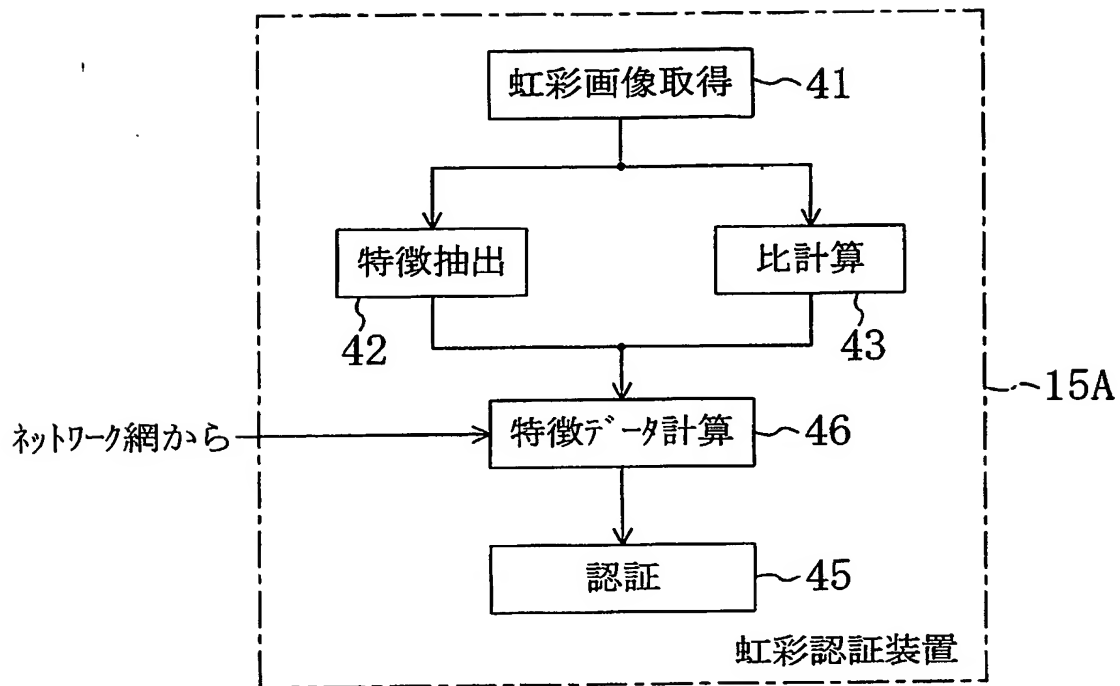
【図 14】

認証時

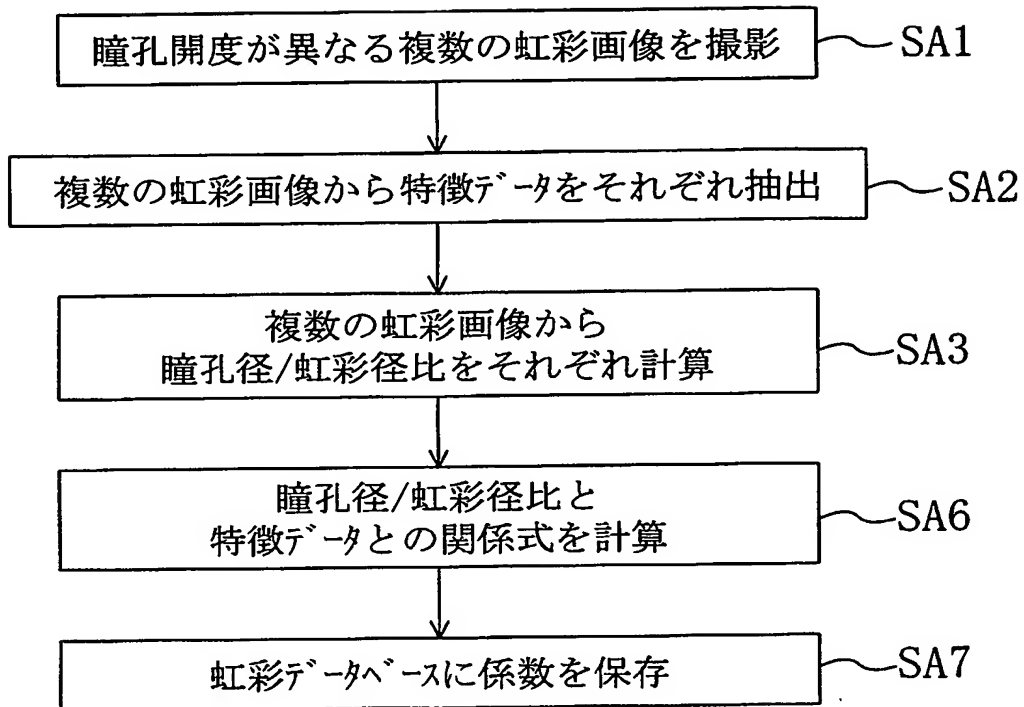
【図 15】



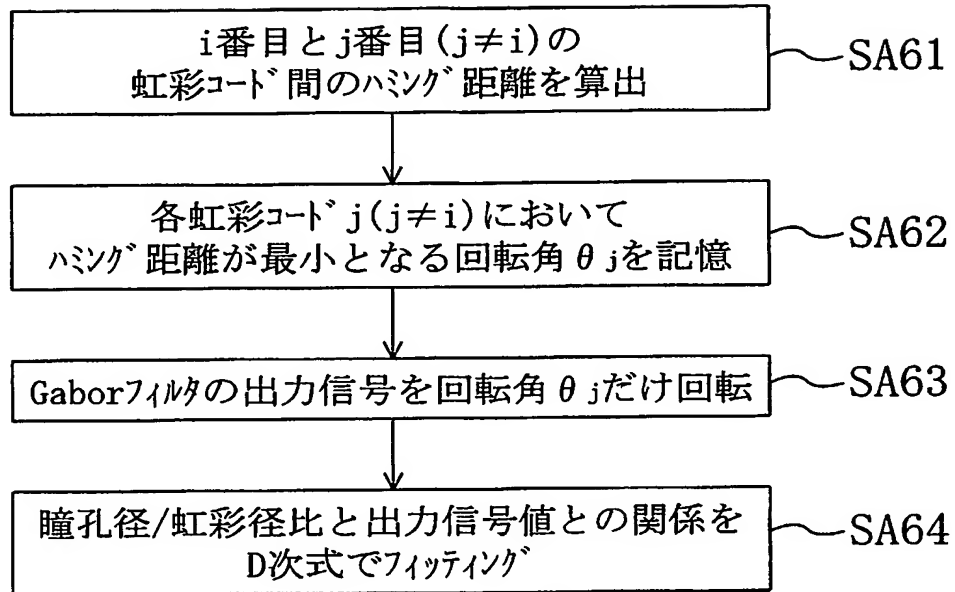
【図 16】



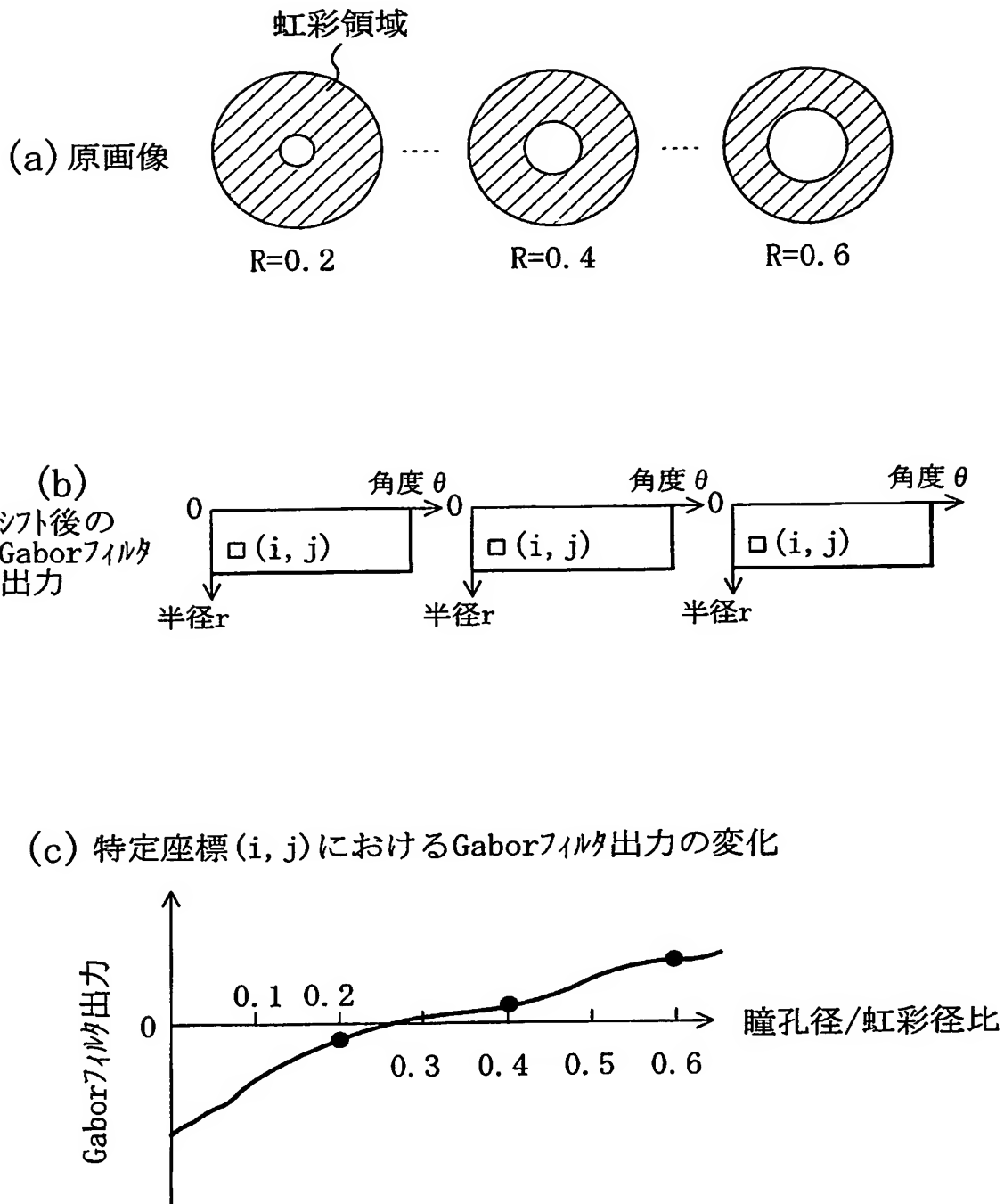
【図 17】

登録時

【図 18】

SA6

【図 19】

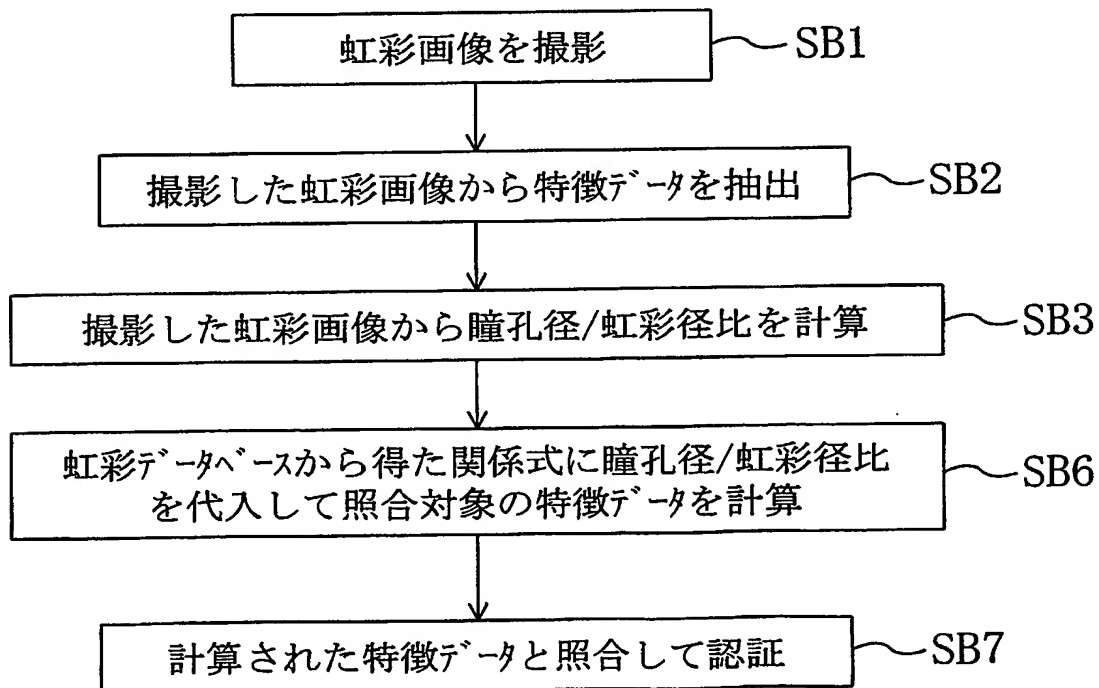


【図 20】

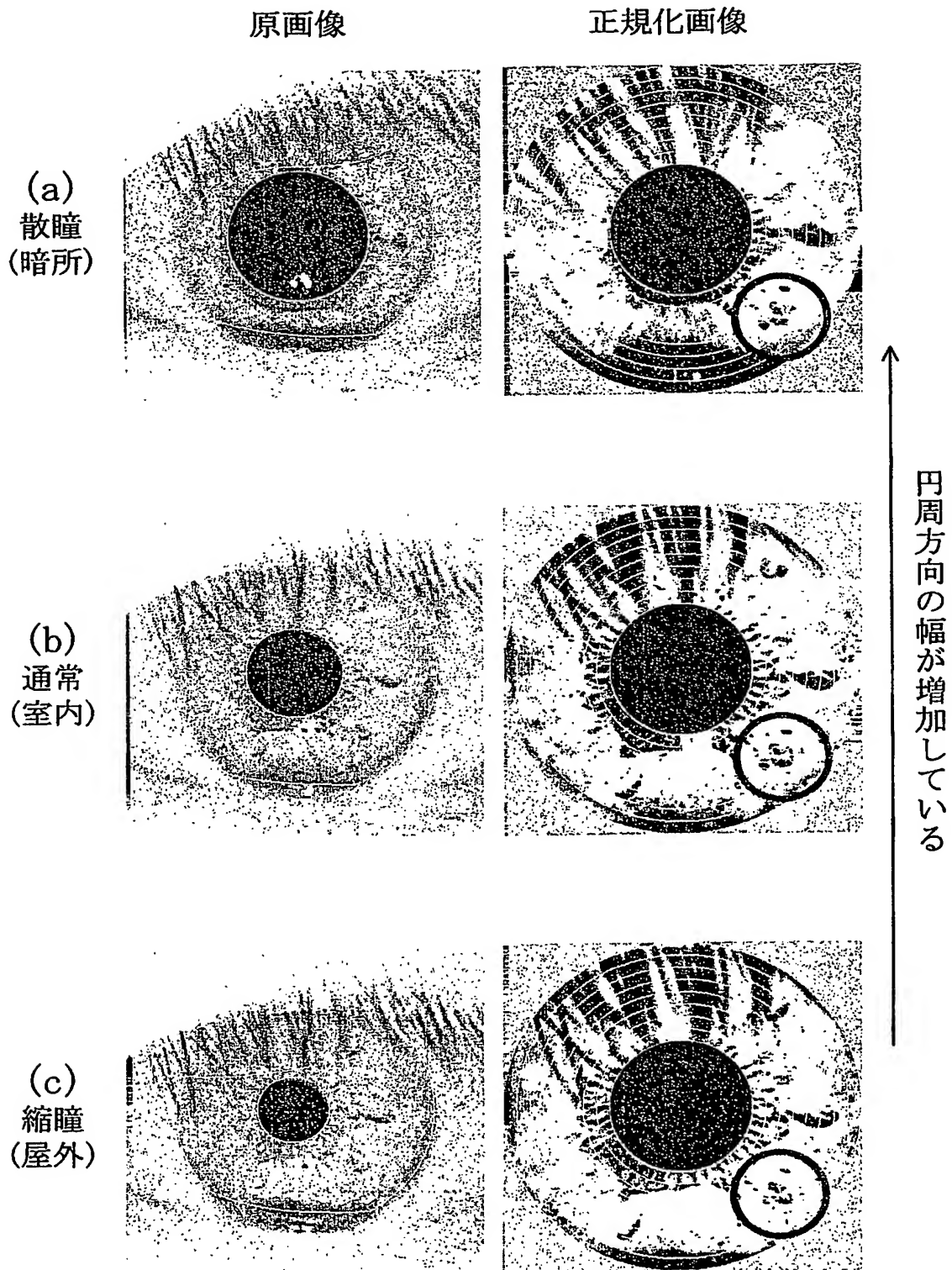
特徴 データNo.	登録者No.	パラメータ
00000	00000	$a_{0,0} \sim a_{0,z-1}, b_{0,0} \sim b_{0,z-1}, c_{0,0} \sim c_{0,z-1}, d_{0,0} \sim d_{0,z-1}$
00001	00001	$a_{1,0} \sim a_{1,z-1}, b_{1,0} \sim b_{1,z-1}, c_{1,0} \sim c_{1,z-1}, d_{1,0} \sim d_{1,z-1}$
00002	00002	$a_{2,0} \sim a_{2,z-1}, b_{2,0} \sim b_{2,z-1}, c_{2,0} \sim c_{2,z-1}, d_{2,0} \sim d_{2,z-1}$
...
N-1	N-1	$a_{N-1,0} \sim a_{N-1,z-1}, b_{N-1,0} \sim b_{N-1,z-1},$ $c_{N-1,0} \sim c_{N-1,z-1}, d_{N-1,0} \sim d_{N-1,z-1}$

【図 21】

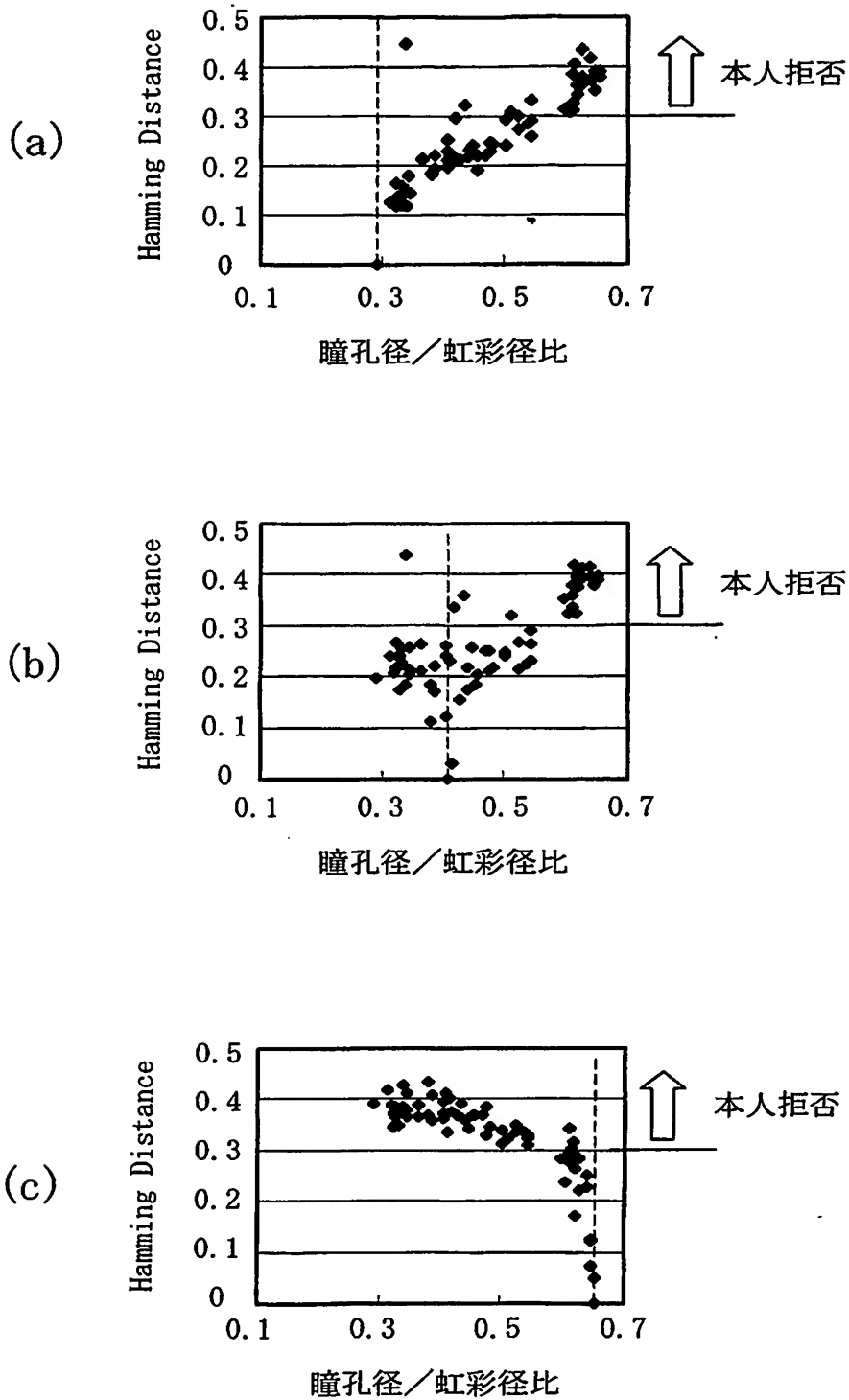
認証時



【図 22】



【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 虹彩認証を利用した個人認証において、外光下や暗所など様々な状況下においても、十分に高い認証精度が得られるようにする。

【解決手段】 虹彩データベース 12 に、各登録者について、虹彩コードを複数個、瞳孔径／虹彩径比 R と併せて登録する。そして、認証時には、撮影した虹彩画像から特徴抽出によって虹彩コードを得るとともに、瞳孔径／虹彩径比 R を求め、登録側の比 R と認証時の比 R とを対比することによって、虹彩データベース 12 から適切な虹彩コードを照合対象として選択し、認証を行う。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 2 4 2 2 9

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変 更 理 由]

新 規 登 録

住 所

大 阪 府 門 真 市 大 字 門 真 1 0 0 6 番 地

氏 名

松 下 電 器 産 業 株 式 会 社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.